PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 5. 1. März 1904. 5. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 6 am 1. März 1904.

INHALT.

(R. = Referat, B. = Besprechung.)

Seite

Berndt, G., Einige Beobachtungen an Selenzellen . . 121

Bigelow, F. H., Meteorologie der Sonnenfinsternisse und verwandte Probleme. (B.) 143

Daltonsches Gesetz: Über die Gültigkeit des — resp. Henryschen Gesetzes bei der Absorption der Emanation des Freiburger Leitungswassers und der Radiumemanation durch verschiedene Flüssigkeiten, v. H. R. v. Traubenberg 130

Dampfer: Die Untersuchung der Vibrationserscheinungen von —, v. O. Schlick. (B.) 143

Ebert, H., Über die Ursache des normalen atmosphärischen Potentialgefälles und der negativen Erdladung 135

Emanation: Über die Gültigkeit des Daltonschen resp. Henryschen Gesetzes bei der Absorption der — des Freiburger Leitungswassers und der Radium- — durch verschiedene Flüssigkeiten, v. H. R. v. Traubenberg 130

Energie: Über die — der Röntgenstrahlen, v. W. Wien 128

Erdladung: Über die Ursache des normalen atmosphärischen Potentialgefälles und der negativen —, v. H. Ebert 135

Helmholtz, H. v., Einleitung zu den Vorlesungen über theoretische Physik. (B.) 140

Henrysches Gesetz: Über die Gültigkeit des Daltonschen resp. — bei der Absorption der Emanation des Freiburger Leitungswassers und der Radiumemanation durch verschiedene Flüssigkeiten, v. H. R. v. Traubenberg 130

Lummer, O., Beitrag zur Klärung der neuesten Versuche von R. Blondlot über die *n*-Strahlen . . . 126

Meteorologie der Sonnenfinsternisse und verwandte Probleme, v. F. H. Bigelow. (B.) 143

Neuburger, A., Historische Notiz zur Wasserzersetzung 124

Personalien 144

Physik: Einleitung zu den Vorlesungen über theoretische —, v. H. v. Helmholtz. (B.) 140

Potentialgefälle: Über die Ursache des normalen atmosphärischen — und der negativen Erdladung, v. H. Ebert 135

Radiumemanation: Über die Gültigkeit des Daltonschen resp. Henryschen Gesetzes bei der Absorption der Emanation des Freiburger Leitungswassers und der — durch verschiedene Flüssigkeiten, v. H. R. v. Traubenberg 130

Röntgenstrahlen: Über die Energie der —, v. W. Wien 128

Schlick, O., Die Untersuchung der Vibrationserscheinungen von Dampfern. (B.) 143

Selenzellen: Einige Beobachtungen an —, v. G. Berndt 121

Sonnenfinsternisse: Meteorologie der — und verwandte Probleme, v. F. H. Bigelow. (B.) 143

n-Strahlen: Beitrag zur Klärung der neuesten Versuche von R. Blondlot über die —, v. O. Lummer . . 126

Traubenberg, H. R. v., Über die Gültigkeit des Daltonschen resp. Henryschen Gesetzes bei der Absorption der Emanation des Freiburger Leitungswassers und der Radiumemanation durch verschiedene Flüssigkeiten 130

Vibrationserscheinungen: Die Untersuchung der — von Dampfern, v. O. Schlick. (B.) 143

Wasserzersetzung: Historische Notiz zur —, v. A. Neuburger 124

Wien, W., Über die Energie der Röntgenstrahlen . . 128

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Einige Beobachtungen an Selenzellen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von G. Berndt.

Seit den Untersuchungen von Bidwell[1]) war man meist der Ansicht, dass die Widerstandsabnahme von Selenzellen bei Belichtung auf chemische Prozesse zurückzuführen sei. Ob dies wirklich der Fall, war insofern schwierig zu entscheiden, als Selen mit allen Metallen (auch Platin) bei Berührung, namentlich aber bei Erwärmung, chemische Verbindungen eingeht. Die Selenzellen werden nun bekanntlich hergestellt, indem man auf ein Täfelchen oder einen Cylinder aus isolierendem Material zwei Kupfer- oder Platindrähte aufwickelt, auf diese Selen aufschmilzt und nach der Krystallisation des Selens 5 Stunden lang auf eine Temperatur von etwa 200° erhitzt. Es liegen also sehr günstige Bedingungen zur Bildung von Seleniden vor, und in der That, waren bei allen von mir hergestellten Zellen auf Kupferdrähten diese mehr oder minder angegriffen.

Um die obige Frage zu entscheiden, suchte ich nach einem Stoff, der mit Selen keine chemische Verbindung eingeht und dabei keinen zu grossen elektrischen Widerstand hat; der einzige, welcher diese Bedingungen erfüllt, ist die Kohle. Nach Angabe von Dammer (Handbuch der anorganischen Chemie, Band I) entsteht Selenkohlenstoff selbst beim Überleiten von Selendämpfen über glühende Kohlen nicht. Man konnte also sicher sein, dass bei der Herstellung der Zellen nach dem oben angegebenen Verfahren kein Selenkohlenstoff auftrat. Nach der Theorie von Bidwell dürften also Selenzellen auf Kohle keine Lichtempfindlichkeit zeigen.

Das Einfachste wäre nun gewesen, einen Spalt zwischen zwei Kohlenstreifen mit Selen auszufüllen; die so entstehenden Zellen würden aber einen zur Untersuchung ungeeigneten grossen Widerstand aufweisen. Um diesen herabzusetzen und um die Lichtempfindlichkeit durch Vergrös-

1) Bidwell, Phil. Mag. **40**, 233—56, 1895.

serung der Oberfläche zu steigern, wurde das folgende Verfahren eingeschlagen:

Auf eine Glasplatte, etwa 5 cm breit, 6 cm lang, wurden Kohlenfäden von ca. 4 cm Länge und 0,2 mm Durchmesser in einem gegenseitigen Abstande von 1,5—2 mm gelegt, derart, dass der erste, dritte u. s. f. auf der einen Seite, der zweite, vierte u. s. f. auf der anderen Seite um je 1 cm vorstanden. Dies geschieht am besten auf folgende Weise: in ein Stück Ebonit von 2 cm Breite und geeigneter Länge werden dicht nebeneinander feine Rillen eingeschnitten; das Ebonitstück wird auf der Mitte der Glasplatte mit etwas Siegelwachs befestigt und durch die Rillen die Kohlenfäden hindurch gesteckt; sie liegen so unverrückbar nebeneinander. Um sie dauernd in dieser Lage zu erhalten, werden zwei 6 cm lange und $^1/_2$ cm breite Glasstreifen unmittelbar neben dem Ebonitstück über die Kohlenfäden gelegt und durch Wasserglas mit der unteren Glasplatte verbunden. Nachdem das Wasserglas getrocknet, wird das Ebonitstück entfernt. Die auf jeder Seite überragenden Enden einer Gruppe von Kohlenfäden müssen nun untereinander verbunden werden. Dies geschieht entweder dadurch, dass man die vorher galvanisch verkupferten Enden der Fäden an einen Kupferdraht anlötet, oder — da ich jedwedes Metall vermeiden wollte — indem man auf dem freiliegenden Rand der Glasplatte, auf welchem die Enden ruhen, ein Gemisch aus Steinkohlenteer, Koks und Graphit aufträgt und längere Zeit stark erhitzt. Diese Masse wird vollständig hart, lässt sich aber leicht bearbeiten; an dieselbe werden dann vermittels Schrauben Kupferdrähte angeschlossen. Man erhält so absolut sicheren Kontakt, der allerdings einen Widerstand von etwa 100 Ω hat, welcher aber gegenüber dem der Selenzelle (Grössenordnung 10^5) nicht in Betracht kommt.

Cylinderförmige Zellen würden sich einfacher herstellen lassen, indem man um einen Porzellancylinder, in welchen zwei Schraubengänge eingeschnitten sind (wie sie E. Ruhmer-Berlin verwendet) zwei Kohlenfäden herumlegt. Bei nicht zu kleinem Cylinderradius erweisen sich die Fäden als genügend elastisch. Versuche habe ich mit diesen bis jetzt nicht angestellt, da es schwer hält, genügend lange Kohlefäden zu bekommen.

Auf die so präparierten und wohl getrockneten Platten wurden nun etwa $1^1/_2$ g pulverisiertes Selen aufgebracht und gleichmässig verteilt. Das Selen war als chemisch rein von Merck-Darmstadt in Stangen bezogen und enthielt, wie die Untersuchung des Spektrums lehrte, nur Spuren von Verunreinigungen. Das Spektrum des im Vakuum destillierten Selens zeigte keinen Unterschied gegen das nicht weiter behandelte, weshalb von der Destillation abgesehen wurde. Das Selen wurde auf der Glasplatte geschmolzen und mit einem Glasspachtel gleichmässig verteilt; die Platte wurde dann schnell gekühlt und schliesslich durch gelindes Erwärmen krystallisiert. Die beiden Zellen, mit denen die folgenden Beobachtungen angestellt wurden, trugen die Nummern 7 und 8. Zelle 7 enthielt etwa 2 g Selen und wurde nach dem Krystallisieren sofort abgekühlt, Zelle 8 etwa $1^1/_2$ g und wurde nach dem Krystallisieren 5 Stunden auf ca. 200^0 erhitzt („geglüht"). Die beiden Zellen wurden in zwei starke Holzklötze eingelassen, welche oben durch eine Glasplatte verschlossen wurden, um gegen äussere mechanische Angriffe geschützt zu sein. Ein vollkommener Abschluss gegen Feuchtigkeit war allerdings dadurch nicht gewährleistet. Um auch deren Einfluss zu eliminieren, werde ich, sobald als möglich, die Versuche mit ähnlich gebauten Zellen wieder aufnehmen, sie aber in ein evakuiertes Glasrohr einschliessen und (nach dem Vorgange von Ruhmer, D. R.-P. 147113) die Krystallisation erst hier eintreten lassen.

Ich will gleich erwähnen, dass beide Zellen, abgesehen von ihrem Widerstand, sich völlig gleich verhielten, dass also das „Glühen" bei diesen auf Kohle gebauten Zellen keine wesentliche Rolle spielt.

Entgegen der Bidwellschen Hypothese zeigten nun beide Zellen Lichtempfindlichkeit, und zwar fiel für beide bei Belichtung durch eine 16 kerzige Glühlampe in 10 cm Entfernung nach 5 Minuten der Widerstand um etwa 55 Proz. Es war damit also schon erwiesen, dass die Widerstandsabnahme nicht an chemische Prozesse gebunden war. Ich versuchte dann, durch das folgende Verfahren einen zweiten Beweis dafür zu liefern:

Es war nicht völlig ausgeschlossen, dass bei der Belichtung doch chemische Prozesse auftraten (ich denke hier vor allen an Oxydationen), die bei Verdunkelung wieder zurückgingen. Diese sind aber stets mit Wärmeumsetzungen verbunden. Ich brachte deshalb auf das Selen der Zelle 7 ein Eisen-Konstantan-Thermoelement; ein zweites wurde auf der Temperatur des schmelzenden Eisens gehalten und beide durch ein empfindliches Edelmannsches Galvanometer verbunden. Der Ausschlag betrug für 11^0 Temperaturdifferenz etwa 130 Sct. Die Zelle wurde dann durch eine Glühlampe belichtet, welche in einem Glasgefäss stand, in das fortwährend Wasser zufloss, um die Temperatur konstant zu erhalten. Die Messungen begannen erst, nachdem die Wassertemperatur konstant geworden war. Ohne diese Vorsichtsmassregel stieg die Temperatur der Zelle infolge der Strahlung der Glühlampe, trotz zwischengeschalteter Alaunlösung, beträchtlich. Einige Versuche wurden auch mit Tageslicht angestellt.

Bei beiden Versuchsreihen wuchs der Ausschlag des Galvanometers sowohl während der Belichtung (5 Minuten) wie auch während der Verdunkelung (5 Minuten) allmählich, insgesamt etwa um 5 Sct. Diese rühren her von der Steigerung der Zimmertemperatur durch den Körper des Beobachters in der Nähe von Verbindungsstellen der Galvanometerszuleitungen, z. T. von der Erwärmung der Zelle durch den durch dieselbe gesandten Strom (da gleichzeitig immer der Widerstand der Zelle gemessen wurde). Ein chemischer Prozess wäre wahrscheinlich von einer grösseren Wärmetönung begleitet gewesen und hätte einen grösseren Ausschlag hervorrufen müssen, vor allem aber hätte der Ausschlag nach der Verdunkelung, entsprechend dem Wiederanwachsen des Widerstandes, wieder abnehmen müssen. Wenn er trotzdem langsam weiter wuchs, so ist das eben ein Beweis dafür, dass das Anwachsen nur durch äussere Störungen hervorgerufen war, und dass also keine chemische Prozesse dabei auftraten.

Nur scheint damit bewiesen zu sein, dass die Widerstandsabnahme durch Belichtung nicht auf chemische Prozesse zurückgeführt werden darf.[1]) —

Ich stellte dann mit diesen Zellen noch eine Reihe anderer, der Hauptsache nach orientierender Versuche an, über die ich hier noch kurz berichten möchte:

Um aus der Einwirkung von Licht verschiedener Wellenlänge etwaige Schlüsse auf die Vorgänge bei der Widerstandsabnahme ziehen zu können, wurde die Empfindlichkeit der Zelle 8 bei Belichtung mit *Li*-, *Na*- und *Tl*-Licht bestimmt. Es ergab sich, dass die Empfindlichkeit mit abnehmender Wellenlänge abnahm; man muss natürlich zu diesem Zweck die Lichtquellen immer auf gleiche Intensität reduzieren, was durch Vergleich ihrer Helligkeit mit der einer Glühlampe vermittels des Bunsenschen Fettfleckphotometers geschah. Es würde sehr lohnenswert sein, diese Versuche mit vollkommeneren Hilfsmitteln (spektral zerlegtes Licht und Thermosäule) wieder aufzunehmen.

Falls äussere Temperaturstrahlung ferngehalten wurde, nahmen die Zellen ihren Widerstand — je nach der Stärke der Belichtung in 10—20 Minuten an; der Hauptabfall erfolgte in der ersten Minute, ebenso die Hauptzunahme nach Verdunkelung der Zelle, und zwar hängt die Grösse der Zunahme von der Stärke und Dauer der vorhergegangenen Belichtung ab. Die Annahme des ursprünglichen Dunkelwiderstandes erfolgte selbst bei schwacher Belichtung erst nach etwa 3 Stunden. Im allgemeinen wurde deshalb zwischen den einzelnen Versuchen ein Zeitraum von 24 Stunden gelassen.

An Zelle 8 wurden ferner einige Versuche über den Zusammenhang der Empfindlichkeit mit der Intensität des Lichtes angestellt, indem in einen allseitig geschlossenen Pappkasten eine Glühlampe in verschiedene Entfernung von der Zelle gebracht wurde. Es war bei einer Entfernung von:

½ m	die Empfindlichkeit	25,0	Proz.
1 „	„ „	13,9	„
1½ „	„ „	9,9	„
2 „	„ „	7,7	„
2½ „	„ „	4,7	„
3 „	„ „	3,4	„

Die einzelnen Messungen stimmen nicht zu gut überein (± 1 Proz.), da dieselben mehrere Tage auseinander liegen, und die Stromstärke für die Glühlampe nicht konstant zu halten war.

Die Empfindlichkeit ist also etwa proportional der Quadratwurzel aus der Intensität, wie es schon Rosse[1]) gefunden.

Zelle 7 wurde auf die Existenz von Polarisationsströmen hin untersucht. Es traten, nachdem mindestens 2 Minuten lang der Strom eines Akkumulators durch die Zelle geschickt war, Polarisationsströme stets von derselben Stärke auf, die bei unbelichteter Zelle 19 Sct, bei belichteter Zelle 22 Sct Ausschlag in einem Galvanometer hervorriefen. Man nimmt gewöhnlich an, dass die Polarisationsströme von auf den Zellen haftender Feuchtigkeit herrühren; Belichtung (oder die damit verbundene Wärmestrahlung) verstärkt also den Polarisationsstrom.

Die Zellen zeigten weiterhin die Eigenschaft, dass sie bei gleichmässiger Behandlung ihren Dunkelwiderstand konstant hielten, abgesehen von den durch Temperatur bewirkten Änderungen. Soviel mir bekannt, halten Zellen auf Metalldrähten, selbst bei konstanter Temperatur und gleichmässiger Behandlung ihren Widerstand nicht auf konstanter Höhe; eine im Besitz des Physikalischen Instituts zu Breslau befindliche von Ruhmer bezogene Zelle hatte z. B. nach Angabe von Ruhmer bei der Lieferung im Dezember 1902 einen Dunkelwiderstand von 40000 Ω; bis zum März 1903 war derselbe auf 100000 Ω gestiegen, und schwankte sehr leicht innerhalb 24 Stunden um 10 Prozent. Die beiden Zellen auf Kohlenfäden blieben jedoch völlig konstant; die Abweichungen vom Mittelwert waren kleiner als ± ½ Proz. Es hatte bei 10^0 Zelle 7 einen Widerstand von 208220 Ω, Zelle 8 einen solchen von 91240 Ω. Bei Steigerung der Temperatur um 1^0 nahm der Widerstand von Zelle 7 um 3,4 Proz., der von

1) Es war damit auch eine Vermutung widerlegt, die mir während der Betrachtungen aufgestiegen war, dass nämlich das Selen vielleicht die Lichtwellen absorbiere und in solche grösserer Wellenlänge (ultrarote) umwandle — nach Art der fluoreszierenden Substanzen — so dass die Widerstandsverminderung im letzten Grunde auf Wärmewirkung zurückzuführen gewesen wäre. —

1) Rosse, Phil. Mag. (4), **47**, 161—164, 1874.

Zelle 8 um 3,6 Proz. ab. Pocchettino[1]) findet einen ganz anderen Wert (0,4 Proz.) und ausserdem wächst bei seinen Zellen der Widerstand mit wachsender Temperatur; es liegt das in dem verschiedenen Verhalten der „weichen" und „harten" Modifikation[2]) begründet. Es müsste also möglich sein, durch geeignete Kombination der beiden Modifikationen Zellen herzustellen, welche den Temperaturkoeffizienten 0 haben.

Gegen ungleichmässige Behandlung sind die Zellen allerdings sehr empfindlich. Es wurde z. B. Zelle 7 mit kräftigen elektrischen Wellen bestrahlt; ihr Widerstand fiel auf 194000 Ω (was der Beobachtung von Agostini[3]), dass Selenzellen gegen elektrische Wellen unempfindlich sind, widerspricht), stieg dann im Verlauf von drei Tagen auf 201000 Ω und blieb hier ziemlich konstant, allerdings nicht so gut wie vorher. Infolge vermehrter Feuchtigkeitsabnahme fiel dann der Widerstand wieder und wurde unregelmässig. Die Zelle wurde dann zu Versuchen über Telephonie mit der singenden Bogenlampe benutzt und der starken Strahlung derselben in der Nähe ausgesetzt. Ihr Widerstand stieg dadurch bedeutend auf ca. 290000 Ω und hielt sich hier wieder angenähert konstant.

Ebenso empfindlich gegen strapaziöse Behandlung war die Zelle 8. Sie wurde 1 1/2 Stdn. mit der Glühlampe bestrahlt, wodurch sie stark erwärmt wurde (um ca. 20°). Sie nahm einen um etwa 4000 Ω tieferen Widerstand an, ging dann langsam in die Höhe, wahrscheinlich infolge der Abgabe von Feuchtigkeit, da das Beobachtungszimmer einige Tage hindurch kräftig geheizt wurde, und hielt sich dann konstant auf etwa 98000 Ω.

Infolge meiner Übersiedelung nach Cöthen war ich gezwungen, diese Versuche abzubrechen; einige wenige Messungen, die ich hier habe ausführen können, ergaben nach einer Ruhepause von 4 Wochen für die Zellen sehr angenähert denselben Widerstand. Ich hoffe jedoch, die Versuche mit nach obigen Angaben verbesserten Zellen spätestens zu Beginn des Sommersemesters wieder aufnehmen zu können. —

Da die Abnahme des Widerstandes bei Belichtung durch chemische Vorgänge nicht zu erklären ist, habe ich die folgende Hypothese gebildet: Ich vermute, dass das krystallinische Selen in zwei Modifikationen existiert, welche im dynamischem Gleichgewicht miteinander stehen; durch Belichtung wird dieses allmählich verschoben, nach Aufhören der Belichtung kehrt der ursprüngliche Zustand im allgemeinen allmählich wieder zurück. Wird die Zelle aber irgendwie strapaziert, so bildet sich von der einen Modifikation soviel, dass ein Teil derselben einen stabilen Gleichgewichtszustand annimmt und an dem dynamischen Gleichgewicht nicht mehr teilnimmt, oder — wenn die Belichtung weniger stark war, dass das Gleichgewicht erst nach längerer Zeit wieder eintritt. — Eine Entscheidung über die Richtigkeit dieser Hypothese ist vielleicht durch Untersuchungen der Empfindlichkeit bei möglichst verschiedenen Temperaturen zu erwarten, die ich, sobald ich durch andere Arbeiten nicht mehr verhindert bin, in Angriff nehmen werde.

Zu ganz ähnlichen Anschauungen kommt auch Marc[1]), dessen Arbeit ich erst kennen lernte, als die hier vorgetragenen Versuche und Ansichten im wesentlichen abgeschlossen waren.

Die Versuche wurden im Physikalischen Institut der Universität Breslau angestellt.

1) A. Pocchetino, Rend. R. Acc. dei Linc. (5), 11, 1. Sem., S. 286—289; 1902.
2) E. Ruhmer, diese Zeitschr. **3**, 468—472, 1902.
3) Agostini, Fortschritte der Physik, 1898.

1) Marc, Zeitschr. für anorgan. Chemie **37**, 459, 1903.

Cöthen, Phys. Labr. d. Techn., Januar 1904.

(Eingegangen 3. Februar 1904.)

Historische Notiz zur Wasserzersetzung.

Eine Erwiderung von Albert Neuburger.

In Jahrgang **4**, 865, 1903 dieser Zeitschrift" weist Edm. Hoppe darauf hin, dass nicht Simon, sondern Ritter die Priorität für die Erkenntnis gebühre, dass bei der elektrolytischen Wasserzersetzung einerseits nur reiner Wasserstoff und Sauerstoff entstehe, und dass andrerseits die Alkalibildung, die vorher beobachtet wurde, von Verunreinigungen herrühre. Ich habe in meinem Vortrag auf der Naturforscherversammlung in Kassel eingehend dargelegt, auf Grund welcher Arbeiten Simon die Priorität zuzuerkennen sei. Selbstverständlich waren mir, wie auch aus den Veröffentlichungen in der „Elektrochemischen Zeitschrift", Jahrgang X, Heft 3 und ff. hervorgeht, die Arbeiten Ritters genau bekannt, aber eben deswegen muss ich um so mehr an der Ansicht festhalten, dass einzig und allein Simon es war, der den ersten unzweifelhaften Beweis erbracht und der es zum erstenmal klar und deutlich ausgesprochen hat, dass bei der Zersetzung von Wasser nur reiner Wasserstoff und Sauerstoff entsteht und dass die Alkalibildung auf Verunreinigungen zurückzuführen ist.

Was von den Ritterschen Arbeiten im allgemeinen zu halten ist, habe ich in der „Elektrochemischen Zeitschrift", Jahrgang X, Heft 8, S. 179, Spalte 2 Zeile 10 von oben und ff. ausgesprochen. In ihnen mischen sich Wahrheit und Dichtung, richtige Beobachtung und Phantasiegebilde in krauser Reihe durcheinander; zu unterscheiden, was von seinen vielen Be-

hauptungen stichhaltig ist und was nicht, vermag wohl niemand mehr. Er hat so viel behauptet, dass man ihm schliesslich die Priorität für eine ganze Anzahl von Thatsachen zuerkennen könnte. Das Urteil seiner Zeitgenossen und das der Nachwelt lautet einstimmig dahin, dass Ritter ein Phantast war und dass vielen seiner Angaben durchaus zu misstrauen ist. Wollte man alle die dahin gehenden Urteile zusammenstellen, so liessen sich mit den betreffenden Citaten ganze Spalten anfüllen, ja sogar Ostwald, dessen Rede im Jahre 1894 Hoppe citiert, weist in seinem Werke: „Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre" trotz aller sonstigen Vorliebe für Ritter an vielen Stellen auf dessen oft etwas zuweit gehende geistige Regsamkeit hin. Für den Historiker ist also Ritter eine Quelle von sehr zweifelhafter Güte und in keinem Falle sind seine Angaben so unanfechtbar, dass man sie als Grundlagen für die Geschichtsschreibung benutzen darf. Wollte man dies thun, so würde man in einen Fehler verfallen, den der Historiker unter allen Umständen vermeiden muss. Dass aber demjenigen, der die Verhältnisse der Wasserzersetzung zum erstenmal in klarer und unanfechtbarer Weise erforscht hat, also Simon, auch unter allen Umständen die Priorität zugesprochen werden muss, das kann für den, der nicht an einer besonderen Vorliebe für Ritter leidet, sondern sich auf einen rein objektiven Standpunkt stellt, keinem Zweifel unterliegen.

Wenn wir nun aber die Arbeiten Ritters über die elektrolytische Wasserzersetzung selbst etwas näher betrachten, so finden wir hier eine solche Fülle von Widersprüchen, dass eine völlige Klarheit nur schwer zu erlangen ist. Zunächst hat Ritter vor Simon (im Jahre 1801) im wesentlichen nur den von Hoppe richtig angeführten Versuch gemacht; er ist aber bei diesem auf die Frage der Verunreinigungen, auf die es doch in erster Linie ankommt, gar nicht eingegangen, sondern hat, wofür ich mir statt andrer Hoppe selbst als Quelle zu citieren gestatte (Hoppe, die Akkumulatoren für Elektrizität, 1898, S. 6), lediglich geschrieben, „dass er Wasserstoff und Sauerstoff einzeln auffange und dass er sie beide rein erhalte. Ja, er hat auch die Probe der wirklichen Wasserzersetzung zuerst gemacht, er leitete beide Gassorten in ein Gefäss, verpuffte sie hier durch den Funken und erhielt so das Wasser wieder, welches er erst zersetzt hatte." So schreibt Hoppe! Wir wollen darauf, was eine „wirkliche Wasserzersetzung" ist, hier nicht näher eingehen und auch nicht darauf hinweisen, dass „wirkliche Wasserzersetzungen" schon vor Ritter von anderen gemacht wurden, sondern wollen an Stelle des oben citierten Hoppeschen Schlusses hier den hersetzen, den Ritter selbst im Jahre 1801 aus seinen verschiedenen Versuchen über Wasserzersetzung zog. Da sich aber, wie wir schon eingangs erwähnten, aus Ritters Schriften alles Mögliche herauslesen lässt, und da wir, wenn wir eine Stelle aus diesen auswählen, vielleicht des Mangels an Objektivität gezieben werden könnten, so citieren wir zwei andere Geschichtsschreiber, von denen der eine gewiss als objektiv gelten kann und von denen der andere eher den Ansichten Hoppes zuneigt, nämlich Kopp und Ostwald.

Kopp schreibt (Geschichte der Chemie, **2**, 278, 1845) „Ritter schloss hieraus (aus dem Versuch zur Wasserzersetzung, 1801): Sauerstoff sei Wasser mit negativer, Wasserstoffgas sei Wasser mit positiver Elektrizität verbunden; eine Ansicht, welche bei der rasch voranschreitenden Erkenntnis des Galvanismus sich bald unhaltbar zeigte; in ihrer Aufstellung sehen wir den letzten Versuch, die Zusammensetzung des Wassers zu leugnen."

Ostwald, der von Ritters Versuch, durch den die elementare Natur des Wassers erwiesen werden sollte, sagt: „Ritter hat hier, wie ihm das nicht selten geschah, auf eine nicht hinreichend sorgfältig untersuchte Erscheinung weitgehende theoretische Schlüsse gebaut und im Eifer des Schliessens versäumt, sich der Festigkeit der Unterlagen seines theoretischen Gebäudes zu vergewissern" (Elektrochemie, S. 162), führt auf der folgenden Seite (S. 163) wörtlich folgendes an: „Auch Ritter ist später (!) auf diese Frage zurückgekommen und hat (Gilberts Annalen **8**, 32. 1801) die Unrichtigkeit seiner Beobachtung zugegeben. Dagegen erklärte er, dass man seinen Versuch nur richtig aufzufassen brauche, um das gleiche Resultat, dass das Wasser bei diesem Versuch nicht in seine Bestandteile gespalten werde, zu erhalten."

Und daraus soll also für Ritter ein Anspruch auf Priorität in Bezug auf die richtige Erkenntnis der Verhältnisse bei der elektrolytischen Wasserzersetzung abgeleitet werden!

Die Vermutung, dass das Alkali und die Säure bei der Wasserzersetzung vielleicht von Verunreinigungen des Wassers herrühren können, stellt Ritter zum ersten Male in einem Briefe an Gehlen auf, in dem er sich über die Arbeiten Pacchianis auslässt. Dieser Brief ist veröffentlicht in „Gehlens Journal für die Chemie und Physik" **1**, 36, 1806 — also volle fünf Jahre, nachdem die Arbeiten Simons erschienen waren! Wo bleibt also die Priorität Ritters in Bezug auf diesen Punkt, ganz abgesehen davon, dass Ritter selbst dann noch schreibt, „dass bisher gerade das reinste Wasser am wenigsten Säure und Natron gegeben habe?"

Also auch im Jahre 1806 war es ihm noch nicht gelungen, säure- und alkalifreies Wasser zu erhalten!

(Eingegangen 29. Januar 1904.)

Beitrag zur Klärung der neuesten Versuche von R. Blondlot[1]) über die *n*-Strahlen.

Von O. Lummer[2]).

Bei allen Beobachtungen Blondlots über die *n*-Strahlen besteht die Wirkung in einer Aufhellung einer Lichtquelle bei Bestrahlung oder vielmehr in einer Verdunkelung bei Aufhebung der Bestrahlung, sei es, dass man einen Bleischirm oder die Hand zwischen die analysierende Lichtquelle und die strahlende *n*-Quelle bringt. Als analysierende Lichtquelle dient ein kleiner Funken, eine bläulich brennende Flamme, eine phosphoreszierende Fläche, ein dunkelrot glühendes Platinblech oder eine von einer Lichtquelle schwach beleuchtete Papierfläche. Die Dimensionen aller dieser analysierenden Leuchtquellen sind sehr klein (das beleuchtete Papier z. B. ist 2 mm × 16 mm gross) und die Beobachtung geschieht im dunkeln Zimmer.

Ohne vorläufig die objektive Existenz dieser *n*-Strahlen in Abrede stellen zu wollen, möchte ich im folgenden darlegen, dass sich eine ganze Reihe der Blondlotschen Versuche in ihrem Effekte fast vollkommen nachahmen lassen ohne Benutzung irgend einer Strahlungsquelle bezw., dass Gestalts-, Helligkeits- und Färbungsänderungen der analysierenden Leuchtfläche, wie sie Blondlot bei Bestrahlung und Abblendung beobachtet hat, sich zurückführen lassen auf Vorgänge in unserem Auge, und zwar auf den Wettstreit der Stäbchen und Zapfen unserer Netzhaut beim Sehen im Dunkeln.

Während man lange Zeit glaubte, dass die Zapfen allein die lichtempfindlichen Gebilde unserer Netzhaut seien, gelang es auf Grund der neueren physiologischen Forschungen über das Sehen bei geringer Helligkeit etc. die Wirkungsweise beider Netzorgane zu erkennen.[1])

Die Quintessenz aller dieser Fortschritte zog J. v. Kries[2]). Nach ihm stellen die Zapfen unseren farbentüchtigen „Hellapparat" und die Stäbchen unseren total farbenblinden „Dunkelapparat" dar. Dieser Kriesschen Theorie gemäss vermitteln die Zapfen also das Sehen bei grosser Helligkeit und ihre Erregung durch die Lichtwellen erweckt im Gehirn die Empfindung der Farbe, während die purpurhaltigen Stäbchen total farbenblind sind, erst bei sehr geringer Helligkeit in Wirksamkeit treten und mit der Fähigkeit ausgestattet sind, ihre Empfindlichkeit im Dunkeln ganz bedeutend zu steigern. „Dunkeladaptation" nennt Kries diese Eigenschaften der Stäbchen. Ehe also die Zapfen farbiges Licht empfinden, vermitteln die Stäbchen zum Gehirn den Eindruck farbloser Helligkeit.

Aus der Anatomie der Netzhaut[3]) unseres Auges folgt andrerseits, dass auf der Netzhautgrube oder Fovea centralis nur Zapfen und gar keine Stäbchen vorhanden sind, während die übrige Netzhaut sowohl Stäbchen wie Zapfen enthält, und zwar in der Anordnung, dass nach dem Rande der Netzhaut zu die Stäbchen an Zahl die Zapfen überwiegen. Wie wir wissen, ist nun die Netzhautgrube die bevorzugte Stelle, mit der wir sehen, wenn wir einen Gegenstand fixieren und scharf ins Auge fassen. Beim Fixieren oder beim direkten Sehen (foveal) sind daher die Stäbchen ausgeschaltet und nur beim indirekten Sehen (peripher) treten ausserdem noch die Stäbchen in Thätigkeit. Hier treten also bei geringer Helligkeit die beiden Sehapparate in einen scharfen Wettstreit ein, der, wenn nur die Helligkeit gering genug ist, zu Gunsten der farbenblinden Stäbchen ausfällt, so dass dann alles „Grau in Grau", d. h. in farbloser Helligkeit erscheint.

Mit Hilfe dieser Theorie erhielt man eine zwanglose Deutung für vorher unerklärliche Erscheinungen, wie z. B. das Purkinjesche Phänomen, das Wandern des „neutralen Punktes" im Spektrum der Rotgrün-Verwechsler mit abnehmender Intensität (E. Brodhun) und die Abhängigkeit der Farbengleichungen von der abso-

1) R. Blondlot, Sur de nouvelles actions produites par les rayons *n*: généralisation des phénomènes précédemment observés. C. R. **137**, 684, 1903. — Sur l'emmagasinement des rayons *n* par certains corps. C. R. **137**, 729, 1903.

2) Der mir geäusserten Bitte seitens der Redaktion dieser Zeitschrift, einen Auszug aus meiner obigen Notiz (siehe Verhdlgn. d. D. Ph. Ges. No. **23**, 1903) zu geben, komme ich um so lieber nach, als sich seit meiner Publikation einerseits die Mitteilungen über die Erfolglosigkeit bei der Wiederholung der Blondlotschen Versuche gemehrt haben (ausser H. Zahn, diese Zeitschr. **4**, 868, 1903, haben mir verschiedene andere deutsche Physiker liebenswürdigerweise schriftlich mitgeteilt, dass sie keinen der Blondlotschen Effekte erhalten haben, falls sie auf die hier geschilderten Eigentümlichkeiten des Auges Rücksicht nehmen), andrerseits das Interesse an den neckischen *n*-Strahlen sich insofern erhöht hat, als die Existenz dieser bezw. ähnlicher Strahlen ausser von Blondlot auch von Charpentier, Macé de Lépinay und Edouard Meyer hat nachgewiesen werden können, wenn auch wieder nur durch subjektive Beobachtungsmethoden.
Lummer.

1) Vergl. A. König, Über den menschlichen Sehpurpur und seine Bedeutung beim Sehen. Sitzber. d. Berl. Akad. d. Wissensch. S. 577, 1894.

2) J. v. Kries, Über die Funktion der Netzhautstäbchen. Ztschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorgane **9**, 81—123, 1894.

3) R. Greeff, Mikroskopische Anatomie des Sehnerven und der Netzhaut. Aus dem Handbuch der Augenheilkunde von Gräfe u. Sämisch, 2. Aufl., I. Bd., V. Kap. Leipzig 1901.

luten Intensität. Und in meiner Arbeit „Grauglut und Rotglut" konnte ich zeigen [1]), dass man die merkwürdige und „gespensterhafte" Erscheinung der Grau- und Rotglut erklären kann, wenn man den beiden lichtempfindlichen Apparaten die Rolle zuschreibt, welche ihnen v. Kries beigelegt hatte.

Beobachten wir im Dunkelzimmer die allmähliche Temperatursteigerung eines Körpers von der Zimmertemperatur bis zur Glühtemperatur, so meldet unser Auge meiner Ansicht nach einen zweimaligen Sprung, erst vom Dunkel zum Gespenstergrau (Grauglut) und später von der Grauglut zur farbigen Glut (Rotglut). In beiden Fällen entsteht der „Sprung" durch das Überschreiten der Reizschwelle unseres Sehnerven; nur die vermittelnden Organe sind in beiden Fällen andere: die Grauglut entspricht der Reizschwelle der Stäbchen, die Rotglut der Reizschwelle der Zapfen unserer Netzhaut. Demnach haben wir die Grauglut als eine Empfindung der Netzhautstäbchen und die Rotglut als die Empfindung der Netzhautzapfen aufzufassen.

Das „Gespenstische" des Stäbchensehens tritt erst ein, wenn man eine genügend kleine Fläche betrachtet, deren Netzhautbild an Ausdehnung höchstens gleich der Stelle des deutlichsten Sehens, der Netzhautgrube, ist und deren Helligkeitssteigerung man im Dunkeln von Null an verfolgt. Am besten bedient man sich dazu eines elektrisch geglühten Platinbleches, welches man durch ein Diaphragma begrenzt und dessen Lichtentwickelung man mit gut ausgeruhtem Auge im Dunkeln verfolgt. Hat das Platinblech die Temperatur von etwa 400° C. erreicht, so werden zunächst nur die Stäbchen des im Dunkeln umherirrenden Auges erregt und im Gehirn wird die Empfindung farbloser Helligkeit (Grauglut) ausgelöst. Gewöhnt, das zu fixieren, was uns „Licht" zusendet, wenden wir unser Auge in die Richtung, von der wir glauben, dass die Lichtstrahlen gekommen sind. Da aber die Zapfen noch nicht in Erregung geraten, sendet die Netzhautgrube auch keine Lichtmeldung zum Gehirn, also können wir auch die „fixierte" Stelle nicht sehen! Es tritt somit hier der merkwürdige Zustand ein, dass wir etwas sehen, was wir nicht fixieren, während es unsichtbar wird, wenn wir es näher ins Auge fassen wollen. Und da wir beim direkten Sehen nichts sehen können, so bewegen wir unwillkürlich unser Auge weiter, wodurch die Strahlen wiederum auf extrafoveale Netzhautstellen fallen; wiederum erhalten wir den Eindruck von Licht und von neuem beginnt die Suche nach dem Orte, von wo das merkwürdige Licht kommt. So entsteht in uns der Eindruck eines Lichtes, welches hin und her huscht, bald vorhanden ist, dann wieder entflieht, und uns gleich einem „Irrlicht" neckt. Erst wenn die Helligkeit so gross geworden ist, dass auch die Zapfen erregt werden und dem Gehirn „Licht" zu melden imstande sind, schwindet dieser ungewohnte Zustand; dann sehen wir das, was wir fixieren, ganz wie wir es gewöhnt sind, und das Gesehene flieht nicht mehr unseren prüfenden Blick. Dies tritt beim Glühen erst ein, sobald der Körper die Temperatur etwas über 500° C erreicht hat; erst dann werden die Zapfen erregt und wir empfinden ausser der Helligkeit auch noch Farbe: Die „Grauglut" geht über in „Rotglut".

Aber bei noch viel höherer Temperatur (bis 700° C. und darüber) treten die Stäbchen mit den Zapfen in starke Konkurrenz und die beim Fixieren des Platinbleches gesehene hellrote Farbe verwandelt sich beim indirekten Sehen in ein eigentümliches, farbloses Weiss, das „Stäbchenweiss", während die Helligkeit des Platinbleches gleichzeitig bedeutend zunimmt.

Bei einigen Versuchen Blondlots befindet man sich ganz in der Lage wie bei der Beobachtung des soeben geschilderten „Gespenstersehens". Man beobachtet im Dunkeln und betrachtet eine sehr kleine, schwach leuchtende Fläche, z. B. ein dunkelrot glühendes Platinblech. Ehe man seine ganze Aufmerksamkeit auf dasselbe richtet, wird man es mit extrafovealen Stellen der Netzhaut betrachten, weil das Auge unwillkürlich das meiste Licht aufzufangen sucht, so dass also Zapfen und Stäbchen am Sehen teilnehmen. Sobald man jetzt den Bleischirm oder die Hand zwischen die Strahlungsquelle und die leuchtende Platinfläche einschaltet, um dessen Veränderung zu beobachten, wird man das Platinblech möglichst scharf fixieren und damit also die Stäbchen ausschalten. Die notwendige Folge wird sein, dass das Platinblech weniger hell und rötlich erscheinen wird, da das peripher mitwirkende Stäbchenweiss fortfällt. Aber diese Fixation kostet Zeit und Anstrengung. Die beobachtete Verdunkelung und Rotfärbung wird also eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen und das Auge wird, sobald man die Hand oder den Schirm fortnimmt, baldmöglichst zur extrafovealen Beobachtung zurückkehren, bei der es mehr Licht empfängt. Nach Fortnahme des Schirmes nimmt also die Helligkeit des Platinbleches wieder zu. Und falls die Helligkeit der beobachteten Leuchtfläche sehr gering ist, wird mit dem Dunkelwerden beim Fixieren zugleich eine Verundeutlichung der Begrenzung

1) O. Lummer, Über Grauglut und Rotglut. Wied. Ann. **62**, 14—29, 1897. Verh. Phys. Ges. Berlin, **16**, 121—127, 1897.

eintreten, ja eventuell das vollkommene Verschwinden des Platinbleches, falls die Energie unter die Reizschwelle der Zapfen sinkt und die beobachtete Fläche klein genug ist.

Zum Beweise, dass die hier geschilderten und von mir seit einer Reihe von Jahren in meiner Vorlesung einem grösseren Zuhörerkreise vorgeführten Phänomene[1]) den neueren, von Blondlot geschilderten Beobachtungen ausserordentlich ähneln, will ich zwei Sätze aus seiner Abhandlung vom 2. Nov. 1903 (C. R. **137**, 685, 1903) wörtlich anführen. Nachdem er die Anordnung bei der Beobachtung eines schwach beleuchteten Papierstreifens beschrieben, fährt er fort:

„Si maintenant on intercepte[2]) les rayons en interposant une lame de plomb ou la main, on voit le petit rectangle de papier s'assombrir, et ses contours perdre leur netteté; l'éloignement de l'écran fait reparaître l'éclat et la netteté: la lumière diffusée par la bande de papier est donc accrue par l'action des rayons *n*."

Und in dem Falle, wo Blondlot das an einer Nähnadel gespiegelte transparent leuchtende Papier beobachtet und nun die Nähnadel mit den *n*-Strahlen bestrahlt, schildert er die Wirkung mit folgenden Worten: „Il fut alors facile de constater que l'action de ces rayons renforce l'image, car si l'on vient à les intercepter[2]), cette image s'assombrit et devient rougeâtre. J'ai répété cette expérience avec le même succès en employant, au lieu de l'aiguille à tricoter, un miroir plan en bronze."

In dieser Abhandlung heisst es auch: „Toutes ces actions des rayons *n* sur la lumière exigent un temps appréciable pour se produire et pour disparaître"; also ganz wie bei den Erscheinungen der Grauglut und Rotglut beim Sehen im Dunkeln. Bei den in dieser Abhandlung geschilderten Versuchen ist nicht die Rede von dem Verhalten der verschiedenen Substanzen gegenüber den *n*-Strahlen. Es versteht sich von selbst, dass das Sehen im Dunkeln durchaus nicht imstande ist zu erklären, warum einige Substanzen die *n*-Strahlung hindurchlassen, andere nicht. Wohl aber lässt sich ohne weiteres aussagen, dass weder eine Aufhellung, noch eine Verdunkelung, noch eine Färbungsänderung eintreten wird, wenn man während der Operation bei nur gedachter Strahlungsquelle die analysierende Leuchtfläche andauernd fixiert, so dass ihr Bild immer auf die Netzhautgrube fällt und nur die Zapfen wirksam sind. Übrigens ist dieses andauernde Fixieren im allgemeinen und besonders bei Betrachtung einer sehr schwach leuchtenden kleinen Fläche im dunkeln Zimmer mit grosser Anstrengung verbunden. Ist doch, wie man aus den hypnotischen Experimenten kennt, das andauernde Fixieren kleiner heller Objekte das wirksamste Mittel, um eine Person in hypnotischen Schlaf zu versetzen!

Aber trotzdem man nicht alle Versuche des Herrn Blondlot durch rein subjektive Empfindungsvorgänge auch ohne Anwendung einer Strahlungsquelle nachahmen kann, glaubte ich doch auf diese neueren physiologischen Erkenntnisse hinweisen zu sollen, um so mehr als Herr Blondlot in keiner Publikation darauf Bezug nimmt, und weder angiebt, mit welchem Sehapparat man beobachten soll, noch vor den Täuschungen warnt, denen man bei seinen Versuchen verfallen kann. Sobald es gelungen sein sollte, die *n*-Strahlen einwandsfrei objektiv nachzuweisen, ist selbstverständlich dieser Beitrag zur Klärung etc. gegenstandslos geworden.

(Eingegangen 22. Januar 1904.)

1) Vergl. auch O. Lummer: „Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen" (Hypothese über die Ursache der „Farbenblindheit", Verhdlgn. der Deutsch. Physik. Gesellsch. Vorgetragen 22. Januar 1904. Abgedruckt Jahrg. **2**, 62 ff., 1904.

2) Im Original nicht stark gedruckt.

Über die Energie der Röntgenstrahlen.

Von W. Wien.

Von allen Hypothesen über die Natur der Röntgenstrahlen scheint mir die Wiechertsche Annahme, dass sie in elektromagnetischen, kurz dauernden Störungen bestehen, die von der schnellen Verzögerung der mit grosser Geschwindigkeit aufprallenden negativen Elektronen hervorgerufen werden, die wahrscheinlichste zu sein. Betrachtungen über derartige Störungen sind bereits von Heaviside angestellt und von J. J. Thomson[1]) auf Röntgenstrahlen angewendet.

Von ganz andern Gesichtspunkten ausgehend, nämlich von den Differentialgleichungen der Elektrodynamik für bewegte Körper, habe ich in einer demnächst in den Annalen der Physik erscheinenden Arbeit streng das Problem behandelt, bei dem das Moment m_x eines elektrischen Doppelpunkts, der in der Entfernung l die Ladungen $+e$ und $-e$ trägt und sich mit einer Geschwindigkeit v in der Richtung seiner Achse bewegt, entsprechend der Gleichung

$$m_x = \frac{el}{\pi} \operatorname{arctg} nt$$

mit der Zeit sich ändert, wo n eine Konstante bezeichnet.

Hierdurch kann mit gewisser Annäherung auch die der Funktion $\operatorname{arctg} nt$ proportionale Bewegung eines Elektrons dargestellt werden,

1) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5), **45**, 172, 1898.

wenn die Grösse $\frac{ln}{\pi k^2 c}$ sehr klein ist, wo c die Lichtgeschwindigkeit und $k^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2}$ ist, und wenn l überhaupt gegen die in Betracht kommenden Längen klein ist.

Wenn das Elektron sich zunächst mit der konstanten Geschwindigkeit v bewegt und erfährt dazu noch eine durch die Funktion $\frac{l}{\pi} \operatorname{arctg} nt$ dargestellte Änderung seines Weges, so wird die hierdurch herbeigeführte Modifikation des Feldes unter den gemachten Voraussetzungen durch das veränderliche Feld des Doppelpunkts dargestellt.

Für die durch die Störung hervorgerufene Ausstrahlung ist diese Modifikation des Feldes, nicht das Feld selbst, massgebend, da das letztere in grosser Entfernung gegen die erstere verschwindet.

Für die Ausstrahlung kann man daher die für den Doppelpunkt sich ergebende einsetzen, die ich

$$= \frac{2e^2 l^2 n^3}{15 k^8 c^3}\left(5 - 3\frac{v^2}{c^2}\right)$$

gefunden habe, wenn in Bezug auf die Zeit zwischen $-\infty$ und $+\infty$ integriert wird.

Die durch $\frac{l}{\pi} \operatorname{arctg} nt$ dargestellte Bahn, deren Länge l beträgt, wird in der Zeit von $-\infty$ bis $+\infty$ durchlaufen. Bei grossen Werten von n wird sie mit endlichen Geschwindigkeiten nur in der Nähe von $t=0$ durchmessen. Die grösste Geschwindigkeit ist bei $t=0$; sie ist

$$\frac{nl}{\pi}.$$

Mache ich nun $\frac{nl}{\pi} = -v$, so wird die Geschwindigkeit des Elektrons für $t=0$ und steigt nachher wieder auf ihren ursprünglichen Wert. Es ist dies ein Vorgang, wie er möglicherweise beim Durchgang der Kathodenstrahlen durch ein Lenardsches Fenster eintritt.

An sich steht zwar nichts im Wege, das Elektron, nachdem es einmal die Geschwindigkeit Null erreicht hat, nun in Ruhe zu lassen, aber für die Berechnung der Ausstrahlung kommt dann die Zeit in Betracht, nachdem die Bewegung bereits aufgehört hat, weil die Strahlung durch Integration des Poyntingschen Vektors über eine unendlich entfernte Oberfläche gewonnen werden muss und die Strahlung Zeit braucht, um diese Oberfläche zu erreichen. Zur exakten Berechnung der Strahlung, die ausgesandt wird, wenn das Elektron von der Zeit $t=0$ an in Ruhe bleibt, muss ich daher den Poyntingschen Vektor über eine unendlich entfernte Fläche integrieren, zuvor aber das Zeitintegral von $-\infty$ an für jeden Punkt der Fläche bis zu dem Moment nehmen, wenn die vom Elektron in dem Zeitpunkt $t=0$ ausgesandte Strahlung den Punkt der Fläche erreicht.

Nehme ich für die Fläche ein Rotationsellipsoid, in dessen Mittelpunkt sich das Elektron befindet und dessen Gleichung

$$x^2 + (y^2 + z^2) k^2 = r^2$$

lautet, wo r als konstant anzusehen ist, so wird die Zeit, welche verstreicht, bis die im Moment $t=0$ ausgesandte Strahlung die einzelnen Punkte der Fläche erreicht, durch die Gleichung bestimmt

$$t = \frac{\frac{v}{c}x + r.}{k^2 c}$$

Führe ich die Integration in dieser Weise aus, so erhalte ich die Strahlung

$$\frac{e^2 l^2 n^3}{15 k^8 c^3}\left(5 - 3\frac{v^2}{c^2}\right)$$

d. h. die Hälfte der Strahlung, die ich erhalte, wenn ich die Integration von $-\infty$ bis $+\infty$ erstrecke.

Wenn man dieses Resultat auf Röntgenstrahlen anwenden will, so ist zu berücksichtigen, dass $\frac{nl}{\pi k^2 c}$ klein gegen 1 sein soll.

Da nun aber $\frac{nl}{\pi} = -v$ angenommen werden muss, wenn ein vollständiges Aufhalten des Elektrons eintreten soll, so ist bei einigermassen schnellen Kathodenstrahlen $\frac{v}{k^2 c}$ keine kleine Grösse mehr.

Die Grösse l ist als die Strecke anzusehen, auf der die Kathodenstrahlen aufgehalten werden. Mit Rücksicht darauf, dass $\frac{c}{n}$ die „Impulsbreite" ist, haben wir l etwa von der Ordnung 10^{-6} cm anzunehmen. Da die Grösse doch als recht unsicher anzusehen ist, so wird man auch die obige Formel noch auf Strahlen anwenden dürfen, die $^1/_3$ Lichtgeschwindigkeit haben, weil es doch nur auf eine ungefähre Schätzung vorläufig ankommen kann. Wir setzen also $\frac{v}{c} = {}^1/_3$, $l = 10^{-6}$ cm. Für e ist das Elementarquantum der negativen Elektrizität, nach J. J. Thomson[1])

$e = 7{,}3 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten einzusetzen.

Setze ich diese Zahlen in die obige Formel,

1) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5) **46**, 542, 1898.

so ist die von einem Elektron bei seiner Verzögerung auf die Geschwindigkeit Null ausgesandte Strahlung

$$3{,}03 \cdot 10^{-13}\ Erg.$$

Wenn in einer Entladungsröhre in den Kathodenstrahlen 10^{-3} Amp. Elektrizität transportiert werden, so sind das in der Sekunde

$$4{,}1 \cdot 10^{15}\ \text{Elektronen.}$$

Die gesamte, nach der Annahme in Röntgenstrahlen verwandelte Energie beträgt demnach

$$1250\ \frac{Erg}{sek} = 12{,}5 \cdot 10^{-5}\ \text{Watt.}$$

Nach Kurlbaum[1]) ist die Ausstrahlung eines schwarzen Körpers von 100° gegen einen von 0° bei 1 cm² Oberfläche

$$7{,}3 \cdot 10^{-2}\ \text{Watt.}$$

Die Energie der Röntgenstrahlen wäre also fast 500 mal so klein. Vielleicht muss die Strecke, auf der die Bremsung der Elektronen erfolgt, kleiner angenommen werden. Dann wird n entsprechend grösser und in demselben Verhältnis wächst die Strahlung.

1) Kurlbaum, Wied. Ann. **65**, 759, 1898.

Würzburg, Physik. Institut, 1. Februar 1904.

(Eingegangen 2. Februar 1904.)

Über die Gültigkeit des Daltonschen resp. Henryschen Gesetzes bei der Absorption der Emanation des Freiburger Leitungswassers und der Radiumemanation durch verschiedene Flüssigkeiten.

Von Heinrich Freiherr Rausch von Traubenberg.

Herr Prof. F. Himstedt hat im April 1903 eine Abhandlung in den Berichten der Freiburger naturforschenden Gesellschaft veröffentlicht[1]), die über die Ionisierung der Luft durch Wasser handelt. Er zeigt darin, wie Luft, welche durch Wasser geblasen wird, eine Leitfähigkeit grösser als das 100fache ihres gewöhnlichen Betrages anzunehmen vermag; ob diese Ionisierung durch das Vorhandensein radioaktiver Substanzen (resp. Emanation) im Wasser oder durch die grosse dissoziierende Kraft desselben bedingt sei, sollten weitere Versuche erweisen.

Herr Prof. Himstedt übergab mir im Juni 1903 unter anderem die aufgabe, Versuche anzustellen, welche imstande wären, diese Frage zu entscheiden, und überliess mir einen Teil seiner, bei vorerwähnter Untersuchung verwandten Apparate, in der liebenswürdigsten Weise.

1) Ber. d. naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br. Band XIII, Seite 101—115, April 1903. Vergl. auch diese Zeitschr. **4**, 482, 1903.

Mittlerweile ist eine zweite Veröffentlichung[1]) von Prof. Himstedt „über die radioaktive Emanation der Wasser- und Ölquellen" erschienen, welche weitere Versuche von ihm mitteilt und auf meine inzwischen angestellten Untersuchungen kurz hinweist. In einigen von Prof. J. J. Thomson in Cambridge angestellten Versuchen[2]) sahen wir eine wertvolle Bestätigung der von uns gefundenen Thatsachen. Die folgende Mitteilung soll den Zweck haben, über die von mir angestellten Beobachtungen kurz zu berichten.

Zunächst galt es zu untersuchen, ob ein und dasselbe Wasserquantum die Fähigkeit verlieren kann oder nicht, eine ionisierende Kraft auszuüben.

Zu diesem Zwecke gebrauchte ich einen Zerstreuungsapparat nach Elster und Geitel, der sich, von einem Drahtnetz umgeben, innerhalb eines ca. 20 Liter grossen Glasgefässes befand. Die Entladungsgeschwindigkeit des Elektroskops wurde mittels Fernrohr abgelesen.

Die in diesem Zerstreuungsapparate befindliche Luft wurde durch ein kleines Wasserstrahlgebläse angesogen und wieder in den Apparat zurückgeblasen, so dass dieselbe Luft fortwährend durch die Wasserstrahlpumpe cirkulierte und so in innige Berührung mit dem Wasser kam. Das aus dem Gebläse unten ausfliessende Wasser wurde oben stets wieder eingefüllt und so eine vollständige Ausnützung desselben Wasserquantums erzielt. Für gute Trocknung der Luft wurde durch zwischengeschaltete Röhren mit Chlorcalcium und metallischem Natrium gesorgt.

Ein abgemessenes Wasserquantum vermochte, eben der Wasserleitung entnommen, die Leitfähigkeit der Luft von 19 Min. auf 8 Min. zu erhöhen (Leitfähigkeit 19 resp. 8 Min. bedeutet, dass das Elektroskopblättchen, um von Skalenteil 13 bis 12 zu fallen, 19 resp. 8 Min. braucht). Lässt man nun dasselbe Wasserquantum zum zweiten Male in derselben Weise auf Zimmerluft von Zerstreuung 20 Min. einwirken, so vermochte es diese Zerstreuung nur auf 19 Min. zu erhöhen; offenbar verliert das Wasser die Fähigkeit zu ionisieren.

Diese Eigenschaft des Wassers machte das Vorhandensein von einer ionisierend wirkenden Substanz im Wasser äusserst wahrscheinlich. Ich zog nun aus dieser Überlegung den Schluss: verliert das Wasser die ionisierende Eigenschaft und haben wir es mit etwas Substanziellem zu thun, so muss man dem Wasser diese Eigenschaft auch wieder künstlich verleihen können. Zu diesem Zweck leitete ich in inaktives Wasser stark aktive Gebläseluft, wodurch das Wasser sofort

1) Ber. d. naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br. Band XIV, Seite 181—189, November 1903.

2) Naturwissenschaftliche Rundschau, Juli 1903.

wieder seine ionisierende Eigenschaft erlangte und wie frisches Leitungswasser wirkte. (Mit aktivem und inaktivem Wasser wird im folgenden Wasser bezeichnet werden, das noch die Fähigkeit besitzt zu ionisieren, oder solches, dem diese Fähigkeit auf irgend eine Weise entzogen wurde.)

Herr Prof. Himstedt riet mir, als ich ihm diese Beobachtung mitteilte, verschiedene andere Flüssigkeiten künstlich zu aktivieren, die sich bei seiner ersten Untersuchung (siehe daselbst Seite 107) als inaktiv erwiesen hatten.

Ich fand nun die Thatsache, dass Petroleum, Alkohol und Benzol, während sie im gewöhnlichen Zustande vollkommen inaktiv sind, künstlich mittels Wasserstrahlgebläseluft aktiviert, eine ca. 20 mal grössere Aktivität erlangen als Wasser, ferner zeigten die Vorversuche eine starke Abhängigkeit der aufgenommenen Menge aktiver Bestandteile der Gebläseluft durch inaktive Flüssigkeiten mit der Temperatur.[1] Weiter zeigte sich die Erscheinung, dass inaktives Benzol mit aktivem Wasser geschüttelt diesem den ionisierenden Bestandteil nach Maßgabe seines offenbar grösseren Absorptionskoeffizienten für denselben fast vollständig entzog.

Alle diese Vorversuche machten das Vorhandensein einer radioaktiven Emanation im Wasser sehr plausibel, die sich hinsichtlich ihrer Absorption durch Flüssigkeiten einem Gase vollkommen analog verhält. Zunächst galt es, die Untersuchungsmethode zu verbessern und eine zahlenmässige Verfolgung und Vergleichung der Versuche anzustreben. Zu diesem Zweck konstruierte ich eine (elektromotorisch angetriebene) Saug- und Druckpumpe, welche die Luft des Zerstreuungsapparates ansog und durch die zu untersuchende Flüssigkeit hindurch wieder in den Zerstreuungsapparat hineintrieb. Auf diese Weise war es möglich die Luft des Zerstreuungsapparates beliebig oft durch die Flüssigkeiten cirkulieren zu lassen. Ein Tourenzähler gestattete die Anzahl der Pumpenstösse abzulesen.

Entaktivieren wir nun z. B. einen Liter Wasserleitungswasser, d. h. lassen wir die im Zerstreuungsapparate befindliche Zimmerluft durch denselben cirkulieren, so zeigt es sich, dass die Luft nicht gleich beim einmaligen Durchblasen den vollen Wert ihrer Leitfähigkeit erreicht, sondern ein Gleichgewichtszustand erst nach mehrmaligem Cirkulieren der Luft durch die Flüssigkeit eintritt.

Nachstehende Tabelle möge das erläutern.

Da ich im folgenden auf die Resultate dieser Versuche noch zu sprechen komme, so mögen die einzelnen Versuche numeriert werden.

Versuch I. 1 Liter aktives Wasserleitungswasser.

Anzahl d. Touren	Zerstreuung	Bemerkungen
0	14,3	Zimmerluft
75	68,4	
150	103	
300	159	
450	161	
750	174	
1350	178	
0	16,0	Zimmerluft

Die Zerstreuungen sind bei vorstehender Tabelle wie auch im folgenden in Volts pro Stunde zu verstehen.

Verbinden wir diese hier angeführten Zahlen durch einen Kurvenzug, indem wir die Anzahl der von der Pumpe gemachten Touren als Abszissen die zugehörigen Zerstreuungszahlen in Volt pro Stunde als Ordinaten auftragen, so erhalten wir eine bis ca. 300 Touren steil, dann aber schwach und immer schwächer ansteigende Kurve, die sich offenbar asymptotisch einem Grenzwerte nähert. Dieser Grenzwert müsste einem gewissen Gleichgewichtszustande zwischen der im Wasser zurückgebliebenen und der von der Luft aufgenommenen leitfähig machenden Substanz entsprechen.

Wir werden später sehen, dass dieser Gleichgewichtszustand eine völlige Analogie hat mit der Absorption eines Gases durch eine Flüssigkeit.

Unter dieser Voraussetzung muss das Wasser unseres eben angestellten Versuches, welches, wie wir durch Vorversuche sahen, die Leitfähigkeit der im Zerstreuungsapparate befindlichen Luft nicht mehr erheblich zu steigern vermochte, imstande sein, auf frische Zimmerluft wieder ionisierend einzuwirken, natürlich in weit schwächerem Masse wie beim ersten Versuch.

Versuch Ia. Dasselbe Wasser wie bei I.

Anzahl d. Touren	Zerstreuung	Bemerkungen
0	15,7	Zimmerluft
150	17,8	
750	19,1	

Um nun festzustellen, in welcher Weise die im Zerstreuungsapparate erreichte Ionisierung von der verwandten aktiven Wassermenge abhängig ist, wurden die beiden eben angeführten Versuche mit 2 und 4 Litern Wasserleitungswasser wiederholt.

1) Ein abgegrenztes Quantum Petroleum liess sich bei -16^0 C. ca. 6 mal stärker aktivieren als bei $+70^0$ C.

Versuch II. 2 Liter aktives Wasserleitungswasser.

Anzahl d. Touren	Zerstreuung	Bemerkungen
0	14,5	Zimmerluft
750	302	
1350	314	

Dieselben 2 Liter Wasser wirken zum zweitenmal auf frische Zimmerluft ein:

Versuch IIa. Dasselbe Wasser wie bei II.

Anzahl d. Touren	Zerstreuung	Bemerkungen
0	15,4	Zimmerluft
750	22,7	

Die Versuche werden mit 4 Litern aktivem Wasser angestellt:

Versuch III. 4 Liter aktives Wasserleitungswasser.

Anzahl d. Touren	Zerstreuung	Bemerkungen
0	16,4	Zimmerluft
750	500	
1350	600	

Dieselben 4 Liter Wasser wirken zum zweitenmal auf Zimmerluft ein:

Versuch IIIa. Dasselbe Wasser wie bei III.

Anzahl d. Touren	Zerstreuung	Bemerkungen
0	17,4	Zimmerluft
750	55,0	
1350	69,2	
1950	69,7	

Es war nun von Interesse, festzustellen, bis zu welchem Sättigungsgrade sich ein abgegrenztes Luftquantum mittels Freiburger Wasserleitungswasser überhaupt aktivieren lässt.

Zu diesem Zwecke wurde ein grosses Wasserstrahlgebläse an die Wasserleitung angeschlossen und die im Zerstreuungsapparate befindliche Luft nun fortwährend durch das Gebläse angesogen und wieder in den Apparat zurückgeblasen, wodurch eine sehr innige Mischung der Luft mit dem Wasser erreicht werden musste. Es ergaben sich folgende Zerstreuungen:

Versuch IV.

Anzahl d. Minuten, während welcher d. Gebläse arbeitet	Zerstreuung	Bemerkungen
0	15,6	Zimmerluft
15	4820	
30	8040	
60	9270	

Die mit einem, zwei und vier Litern angestellten Versuche sind unmittelbar miteinander vergleichbar, da ein und dasselbe Wasserquantum, an verschiedenen Tagen der Leitung entnommen, stets Zerstreuungen bewirkte, die mit genügender Genauigkeit übereinstimmten!

Man kann die bis jetzt angestellten Versuche, wie schon erwähnt, unter dem Gesichtspunkte auffassen, dass wir es mit einer radioaktiven Emanation zu thun haben, welche wie ein Gas dem Henry- oder Daltonschen Gesetze folgt; denn bringt man aktives Wasser mit Zimmerluft in innige Berührung, wie dies bei beiden eben geschilderten Versuchen ausgeführt wurde, so nimmt die Luft offenbar so lange Emanation aus dem Wasser auf, bis Gleichgewicht zwischen dem Partialdruck resp. Konzentration an Emanation in Luft und Wasser im Sinne des Henry-Daltonschen Gesetzes eingetreten ist. Bringt man nun von neuem das Wasser, das einen Teil seiner Emanation an die Luft im ersten Versuch abgegeben hat, wieder mit frischer Zimmerluft in innige Berührung, so wird die Luft wieder einen Teil der im Wasser nach dem ersten Versuch noch übrig gebliebenen Emanation aufnehmen, bis wieder Gleichgewicht eingetreten ist. Beim zweiten Versuch steigt die Leitfähigkeit der Luft durch Einwirkung der im Wasser enthaltenen Emanation weniger als im ersten Fall und der Absorptionskoeffizient lässt sich aus dem Unterschied der Steigerung der Leitfähigkeit im ersten und zweiten Versuch, wenn die angewandte Wasser- und Luftmenge bekannt ist, berechnen.

Da wir die betreffenden Konzentrationen in Luft und Wasser nicht direkt bestimmen können, sondern nur die jeweiligen erzielten Zerstreuungen, so müssen wir folgende Annahmen machen, um unsere Versuche einer Berechnung zu Grunde legen zu können:

1. Die in Luft gemessene Zerstreuung ist proportional der in ihr enthaltenen Gesamtmenge von Emanation.
2. Die natürliche der Luft zukommende Leitfähigkeit ist zum grössten Teil durch die (auch im Wasser, in der Bodenluft u. s. w.) enthaltenen radioaktiven Emanation hervorgerufen.[1]) Die Ionisierung durch Temperatur, ultraviolettes Licht u. s. w. ist vernachlässigt.

Wir führen nun folgende Bezeichnungen ein:

x' Konzentration in Luft vor eingetretenem Gleichgewicht (d. h. bevor die Luft durch das Wasser cirkulierte; sie ist proportional der Zimmerluftzerstreuung).

y' Konzentration in Flüssigkeit vor eingetretenem Gleichgewicht.

x Konzentration in Luft nach eingetretenem Gleichgewicht.

y Konzentration in Flüssigkeit nach eingetretenem Gleichgewicht.

1) Siehe J. Elster und H. Geitel, diese Zeitschr. 5, 11 bis 20, 1904.

α = Konzentrationsverhältnis = dem Absorptionskoeffizienten von Flüssigkeit für radioaktive Wasserstrahlemanation.

Wir erhalten:

$$\frac{y}{x} = \alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (\text{I})$$

Innig miteinander gemischt mögen werden W Liter aktives Wasser und L Liter Zimmerluft (Versuch I). Wir erhalten für den Fall, dass Gleichgewicht eingetreten ist, die Gleichung:

$$W\gamma = Wy + L(x - x') \quad . \quad . \quad . \quad (\text{II})$$

Denn die am Anfang des Versuches im Wasser enthaltene Menge von Emanationen ist gleich der im Wasser zurückgebliebenen + der in die Luft übergegangenen Menge. I in II eingesetzt liefert:

$$\alpha = \frac{\gamma}{x} - \frac{L}{W}\left(1 - \frac{x'}{x}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (\text{III})$$

In dieser Gleichung lässt sich γ nicht bestimmen; aktivieren wir jedoch die Luft bis zur höchstmöglichen Sättigung (Versuch IV), indem wir die Luft des Zerstreuungsapparates durch ein an die Wasserleitung angeschlossenes Wasserstrahlgebläse cirkulieren lassen, können wir $W = \infty$ setzen und erhalten dies in (III) eingesetzt:

(IV) . . . $\alpha = \frac{\gamma}{x_s}$, wenn wir mit x_s die grösstmögliche Konzentration in Luft bezeichnen. Setzen wir $\gamma = \alpha \cdot x_s$ in III ein, so bekommen wir:

$$\alpha = L \frac{L\left(1 - \frac{x'}{x}\right)}{W\left(\frac{x_s}{x} - 1\right)} \quad . \quad . \quad . \quad (\text{V})$$

Statt der Konzentrationen führen wir gemäss unserer Annahme I die jeweiligen Zerstreuungen ein, indem wir setzen:

$$x_s = \frac{V_s}{KL}; \quad x' = \frac{V'}{KL}; \quad x = \frac{V}{KL},$$

und erhalten somit als definitive Gleichung für α:

$$\alpha = \frac{L\left(1 - \frac{V'}{V}\right)}{W\left(\frac{V_s}{V} - 1\right)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (\text{VI})$$

hier ausfinden wir α, wenn wir z. B. die Resultate unseres Versuches I, bei welchen wir einen Liter aktiven Leitungswassers auf 20 Liter Zimmerluft einwirken liessen, unserer Berechnung zu Grunde legen. Wir haben dabei folgende Zahlen einzusetzen: $L = 20$ Liter; $W = 1$ Liter; $V_s = 9270$, $V = 178$, $V' = 14{,}3$ Volt pro Stunde. α aus diesen Daten berechnet, ergiebt sich nach Versuch I zu 0,36, nach Versuch II und III analog zu 0,33 resp. 0,34.

Lassen wir das Wasser unseres Versuches I zum zweiten Male auf frische Zimmerluft einwirken (Versuch Ia), so haben wir genau dieselben Bedingungen wie bei Versuch I, nur dass die erhaltene Zerstreuung, wie schon gesagt, entsprechend geringer ausfallen wird. Die bei den Versuchen Ia, IIa und IIIa geltenden Gleichungen sind analog den bei I, II und III geltenden Gleichungen. Die Schlusskonzentration im Wasser des Versuches I ist nun die Anfangskonzentration des Versuches Ia.

Wir setzen in diesem zweiten Fall:

x'_1	Konzentration	in Luft vor eingetretenem Gleichgewicht
y	„	in Flüssigkeit vor eingetretenem Gleichgewicht
x_1	„	in Luft nach eingetretenem Gleichgewicht
y_1	„	in Flüssigkeit nach eingetretenem Gleichgewicht

dann gilt ebenfalls Gleichung (I), welche im zweiten Fall lautet:

$$y_1 = \alpha x_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (\text{VII})$$

Führen wir wieder statt der Konzentrationen die entsprechenden Zerstreuungen ein, indem wir setzen:

$$x = \frac{V}{KL}; \quad x_1 = \frac{V_1}{KL}; \quad x'_1 = \frac{V'_1}{KL},$$

so erhalten wir die der Gleichung (III) analoge Gleichung, wenn wir wieder W Liter Wasser und L Liter Luft verwenden:

$$\alpha = \frac{\alpha V}{V_1} - \frac{L}{W}\left(1 - \frac{V'_1}{V_1}\right) \quad . \quad . \quad (\text{VIII})$$

Aus dieser Gleichung wollen wir nun unter Benutzung des Wertes von α, den wir aus den Versuchen I, II, III und IV bestimmt haben, die Höhe der Zerstreuung V_1 im voraus berechnen, zu der das in den Versuchen I bis III benutzte Wasser frische Zimmerluft zu ionisieren vermag, wenn man es, wie in den Versuchen Ia, IIa, IIIa, zum zweitenmal aktivierend einwirken lässt.

Aus VIII finden wir

$$V_1 = \frac{V}{1 + \frac{L}{\alpha W}} + \frac{V'_1}{1 + \frac{\alpha W}{L}} \quad . \quad . \quad (\text{IX})$$

Als Zahlenwerte haben wir hierbei einzusetzen (Versuch Ia):

$$\alpha = 0{,}34; \quad \left.\begin{matrix} V = 178 \\ V'_1 = 15{,}7 \end{matrix}\right\} \text{Volt pro Stunde}; \quad \left.\begin{matrix} L = 20 \\ W = 1 \end{matrix}\right\} \text{Liter}.$$

Setzen wir analog die Zahlenwerte aus IIa und IIIa ein, so ergeben sich folgende beobachtete und berechnete Werte für V_1.

	Versuch Ia		Versuch IIa		Versuch IIIa	
	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.
V_1	18,5	19,1	22,7	25,2	69,7	55,2

Wie wir sehen, stimmen die erhaltenen Werte innerhalb der Grössenordnung miteinander überein.

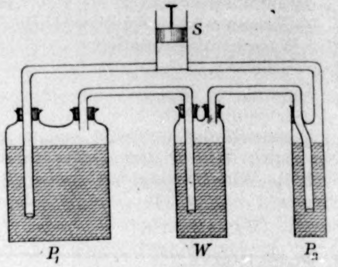
Bereits die Vorversuche hatten gezeigt, dass sich einige Kohlenwasserstoffe durch Einleiten von aktiver Wasserstrahlgebläseluft erheblich stärker künstlich aktivieren lassen als Wasser. Diese Versuche wurden nun wieder aufgenommen und quantitativ verfolgt. Es kamen von den zu untersuchenden Flüssigkeiten je ein Liter zur Verwendung und wurden die Flüssigkeiten bis zur Sättigung aktiviert; dieser Zustand wurde, wie Versuche nach dieser Richtung hin erwiesen, in einer Stunde erreicht.

Die folgende Tabelle enthält nun in Volts pro Stunde die Zerstreuungen, die ein Liter der untersuchten Flüssigkeit, eine Stunde lang künstlich aktiviert, mit Ausnahme von Nr. 3 nach Abzug der vorhandenen jeweiligen Zimmerluftzerstreuung im Zerstreuungsapparate hervorrief.

Flüssigkeit	Zerstreuung in Volt/Stunde
1. Kupfersulfat	81,4
2. Wasser, destilliertes	139
3. Nichtaktiviertes Leitungsw.	152
4. Paraffinöl	2010
5. Alkohol	2240
6. Petroläther	2250
7. Nitrobenzol	2510
8. Kaiseröl	2860

Aus dieser Tabelle ersehen wir, dass die Kohlenwasserstoffe offenbar ein selektives Absorptionsvermögen für die im Leitungswasser enthaltene Emanation besitzen; so lässt sich Kaiseröl 20,5 mal stärker künstlich aktivieren als Wasser. Auf Veranlassung von Herrn Prof. Himstedt versuchte ich auch, in welchem Verhältnisse gleiche Quanten Wasser und Petroleum Radiumemanation zu absorbieren imstande sind. Obgleich es mir leider eben nicht möglich war, den Versuch zu wiederholen und eventuelle Fehlerquellen auszuschalten, so möchte ich ihn doch hier anführen, weil das Resultat innerhalb der Grössenordnung mit den früher gefundenen Resultaten übereinstimmt und auch die Untersuchungsmethode gewisse Vorteile bietet.

P_1 ist eine Wulffsche Flasche, gefüllt mit $2\frac{1}{2}$ Litern künstlich mittels Radiumemanation aktivierten Petroleums[1]), W ein Liter inaktives Wasser, P_2 100 ccm inaktives Petroleum. Vermittels der Saug- und Druckpumpe S lässt man die Luft durch die 3 Gefässe cirkulieren, bis Gleichgewicht eingetreten ist, d. h. bis das Petroleum in P_2 ebenso stark aktiv geworden ist, wie das Petroleum in P_1. Der grosse Überschuss an aktivem Petroleum in P_1 war erforderlich, um die Flüssigkeiten in W und P_2 bis zur Sättigung aktivieren zu können. Um nicht zu starke Zerstreuungen zu erhalten, wurden vom



Petroleum nur je 100 ccm im Zerstreuungsapparat entaktiviert und die so erhaltene Zerstreuung auf einen Liter umgerechnet, während beim Wasser dank seinem kleineren Absorptionskoeffizienten für Radiumemanation 1 Liter zur Verwendung kam.

Nachdem in den 3 Gefässen P_1, W, P_2 durch Cirkulieren der Luft (Pumpe machte 1000 Stösse) Gleichgewicht eingetreten war, ergaben sich folgende Zerstreuungen. Ein Liter des Petroleums des Gefässes P_1 vermehrte die Zerstreuung um 8980 Volt, der Liter Wasser in W um 325 und ein Liter des Petroleums in P_2 um 8200 Volt.

Ein Liter Petroleum vermag somit eine $\frac{8200}{325} = 25{,}2$ mal grössere Menge Radiumemanation aufzunehmen wie ein Liter Wasser, während wir bei der dem Wasser entstammenden Emanation diesen Quotienten $= 20{,}5$ fanden.

Die Resultate der Arbeit sind kurz folgende:

1. Leitungswasser verliert seine ionisierende Eigenschaft.
2. Dieselbe lässt sich ihm wieder durch Einleiten von Wasserstrahlgebläseluft künstlich erteilen.
3. Alle bis jetzt untersuchten Flüssigkeiten lassen sich künstlich aktivieren, die Kohlenwasserstoffe in hervorragendem Masse.
4. Die ionisierende Eigenschaft des Wassers ist offenbar bedingt in einer in ihm gelösten radioaktiven Emanation, die wie ein Gas dem Daltonschen resp. Henryschen Gesetze folgt.
5. Der Absorptionskoeffizient verschiedener Flüssigkeiten für diese radioaktive Emanation lässt sich an der Hand der bei der Gasabsorption gültigen Gleichungen berechnen.
6. Radiumemanation scheint hinsichtlich ihrer Absorption durch verschiedene Flüssigkeiten dasselbe Verhalten zu zeigen wie Emanation aus Leitungswasser.

Die Versuche wurden am Physikalischen Institut der Freiburger Universität ausgeführt.

(Eingegangen 18. Januar 1904.)

1) Die künstliche Aktivierung geschah in der Weise, dass die von ca. 2 mgr Radiumbromid ausgehende Emanation durch eine Wasserstrahlpumpe durch das Petroleum hindurchgesaugt wurde. Auf diese Weise ist es möglich, sich ein gewisses Quantum Emanation abzugrenzen.

Über die Ursache des normalen atmosphärischen Potentialgefälles und der negativen Erdladung.

Von H. Ebert.

1. Mit Recht ist es immer als eine besonders wichtige Aufgabe der herrschenden elektrischen Theorien angesehen worden, die eigentümliche Thatsache zu erklären, dass, abgesehen von gelegentlichen aber vorübergehenden Störungen, die Atmosphäre gegenüber der Erdoberfläche im allgemeinen immer einen positiven Potentialunterschied aufweist, und sich das dadurch bedingte „normale" elektrische Kraftfeld der Erde mit wesentlich derselben Vorzeichenverteilung, wenn auch mit sehr wechselnden Werten seines Gefälles, dauernd erhält. Dies musste um so wunderbarer erscheinen, als sich zeigte, dass der Atmosphäre an allen Orten und zu jeder Zeit eine gewisse Leitfähigkeit infolge der in ihr stets vorhandenen, frei beweglichen „Gasionen" zukomme. Diese natürliche Leitfähigkeit muss den Spannungsunterschied zwischen Erdboden und den darüber lagernden Luftschichten in kürzester Zeit ausgleichen, wenn nicht eine andere, ebenfalls dauernd wirksame Ursache denselben immer wieder herstellt. Nun schien gerade die Ionentheorie eine sehr einfache und plausible Erklärung hierfür an die Hand zu geben: J. Elster und H. Geitel[1]) zogen die zuerst von J. Zeleny[2]) genauer studierte Thatsache heran, dass die negativen Ionen eine grössere Wanderungsgeschwindigkeit unter der Wirkung der gleichen elektrischen Kraft annehmen wie die positiven. Daher geben mehr negative als positive Ionen ihre Ladungen an einen Körper ab, an dem ein Luftstrom mit gleichviel + und — Ionen pro cbcm vorüberstreicht. So sollte durch „Ionenabsorption" ein solcher mit ionisierter Luft in Berührung stehender Körper sich spontan negativ bis zu einer bestimmten Spannung laden, deren Höhe dadurch bedingt ist, dass schliesslich die vom — elektrischen Körper ausgeübte elektrostatische Zurückstossung der — Ionen deren grössere Wanderungsgeschwindigkeit kompensiert. Nun fand aber E. Villari[3]), dass in einem Strome ionisierter Luft sowohl negative wie auch positive Ladungen auftreten können, was mit der Strömungsgeschwindigkeit zusammen zu hängen schien. Auch war es schwer zu verstehen, dass sich das elektrische Feld bis in grössere Entfernungen erstrecken sollte; würden z. B. aus den, dem Erdboden unmittelbar anliegenden Luftschichten die — Ionen durch Adsorption in grösserer Zahl herausgenommen, so blieben doch die entsprechenden + Ionen in unmittelbarer Nähe zurück; es könnte sich nur eine Art elektrischer Doppelschicht bilden, die lediglich in den untersten Schichten der Atmosphäre zur Ausbildung elektrischer Spannungsdifferenzen führen würde. Nur wenn etwa der Wind die überschüssigen + Ionen entführte, könnte die Spannung „frei" werden und ein eigentliches „Feld" entstehen.[1]) Endlich fand aber G. C. Simpson[2]), dass isolierte Metallkörper überhaupt nicht in ionisierter Luft elektrisiert werden, weder in ruhender noch in bewegter. Damit stimmen seither nicht veröffentlichte Versuche von P. Ewers und mir überein; auch gelang es nicht in der freien Atmosphäre oder in ionenreicher Kellerluft unzweifelhafte negative spontane Ladungen an isoliert aufgestellten Körpern nachzuweisen; jedenfalls konnten immer Störungen vermutet werden, wenn solche auftraten.

Simpson kommt in seiner höchst beachtenswerten Untersuchung zu dem folgenden Ergebnisse:

„Wenden wir unsere Resultate nun auf die atmosphärische Elektrizität und die negative Erdladung an, so wäre es voreilig, wenn man sagen wollte, dieselben widerlegten die Theorie, welche die permanente Erdladung auf Ionenabsorption zurückführt; aber diese Versuche zeigen, dass der Prozess, von dem Elster und Geitel annehmen, dass er in der Atmosphäre sich abspiele, nicht durch das Experiment gestützt wird. Wir sind vielmehr auf die Thatsache hingewiesen worden, dass bis jetzt noch nie ein Leiter durch Ionenabsorption aus der natürlich ionisierten Luft der Atmosphäre heraus geladen worden ist, und bis dies getan worden ist, können wir das Problem der negativen Erdladung nicht als durch die „Absorption von Ionen aus der Atmosphäre" gelöst betrachten."

2. Dies klingt sehr wenig ermutigend; es entsteht die Frage: Sollte wirklich die sonst in ihren Konsequenzen so überaus fruchtbringende Ionentheorie gerade dem Hauptproblem der atmosphärischen Elektrizität gegenüber gänzlich ratlos dastehen? Ich glaube, dass man den Elster-Geitelschen Grundgedanken nur wenig zu modifizieren braucht, um eine mit den Experimenten durchaus im Einklang stehende, einfache Erklärung der genannten Phänomene zu erhalten; dieser neue Erklärungsversuch sowie ihn stützende Versuche sollen im folgenden kurz erläutert werden.

1) J. Elster u. H. Geitel, Terrestrial Magnetism and Atmospher. Electr. **4**, 231, 1899; vergl. auch den von H. Geitel auf der Hamburger Naturforscherversammlung 1901 gehaltenen Vortrag: „Über die Anwendung der Lehre von den Gasionen auf die Erscheinungen der atmosphärischen Elektrizität", Braunschweig 1901; s. S. 13 flgd.

2) J. Zeleny, Phil. Mag. [5], **46**, 120, 1898.

3) E. Villari, Rendic. della R. Accad. dei Lincei [5], 10, 61, 1900 und Phil. Mag. [6], **1**, 535, 1901.

1) C. T. R. Wilson, Nature **68**, 104, 1903.

2) G. C. Simpson, Phil. Mag. [6], **6**, 589, 1903.

Sowohl aus den Untersuchungen von Zeleny, wie den diesen nahestehenden von Townsend[1]) über die Ionendiffusion und ebenso aus den Versuchen von Villari und Simpson selbst geht hervor, dass elektrische Ladungen von einem ionisierten Gase abgegeben werden, wenn dieses aus Gebieten mit höherer Ionenkonzentration durch enge Kanäle oder Röhren in solche niederer Ionenkonzentration überströmt. Ist die Ionisierung normal, d. h. sind gleichviel + Ionen wie — Ionen in der Volumeneinheit enthalten, was z. B. immer in der Nähe des ionisierenden Agens, — zunächst wenigstens — statthat, so wird negative Elektrizität abgegeben. Ist dadurch ein Überschuss an + Ionen eingetreten, so kann die ionisierte Luft aber auch positiv elektrisierend wirken, namentlich wenn durch Wiedervereinigung der Ionen die relative Zahl dieser übrigbleibenden + Ionen immer grösser wird.

Nun haben die neuesten Untersuchungen von Elster und Geitel[2]) unzweifelhaft erwiesen, dass in dem Erdboden auch an Orten, wo dies früher nicht vermutet werden konnte, radioaktive Substanzen, namentlich Radium in Spuren enthalten ist. Die von diesem dauernd ausgehende „Emanation" ist es, welche der Bodenluft die auffallend erhöhte Ionisierung erteilt, welche besonders in Kellern und Höhlen der Luft ein abnorm gesteigertes Leitvermögen verleiht. Dringt nun diese stark ionisierte Luft aus dem Erdboden heraus in die freie Atmosphäre, so muss sie bei ihrer Wanderung durch die Erdkapillaren an die Wände derselben vorwiegend negative Ladungen abgeben; Luft mit einem Überschusse an positiven Ionen tritt aus dem Erdboden heraus und wird von hier aus durch Winde und aufsteigende Luftströme auch den höheren Schichten der Atmosphäre mitgeteilt. Hierdurch erklärt sich die negative Eigenladung der Erde, sowie der Überschuss an freien + Ionen in der Atmosphäre, namentlich in den unteren Schichten derselben, welcher durch direkte Ionenzählungen in der natürlichen Luft nachgewiesen werden konnte. Damit erklärt sich aber auch die Erscheinung des permanenten Erdfeldes mit nach oben hin positivem Gefälle. Dieses wird nur gestört, wenn Niederschläge oder abnorme elektrische Verteilungen den geschilderten Verlauf vorübergehend überdecken.

Hiernach wird sich das normale Erdfeld namentlich dann und dort regenerieren, wann und wo starke Bodenerwärmungen oder barometrische Minima grössere Mengen von Bodenluft den Erdkapillaren, Spalten, Hohlräumen im Gerölle oder Gestein entsteigen lassen. Bei wachsendem Luftdrucke wird zwar ein Teil der äusseren Luft wieder in den Erdboden hineingetrieben; diese ist aber sehr viel ionenärmer als die Bodenluft. Schon in mässig grossen mit Bodenluft, die nicht einmal aus grossen Tiefen genommen ist, erfüllten Räumen erhält man leicht Ionenmengen, welche die in den über dem Boden befindlichen Luftschichten enthaltenen um das Sechzigfache übertreffen.[1]) Die rückströmende Luft vermag also die Wirkung der aufsteigenden, viel ionenreicheren Luft nur um geringe Beträge zu schwächen, wiewohl sie reicher an + Ionen ist; das Verhältnis von + Ladungen zu —Ladungen in der Atmosphäre übersteigt aber nur selten den Wert 1,2—1,6. In dem Umstande, dass das ionisierende Agens unter dem Erdboden liegt, in der freien Atmosphäre über demselben aber bei weitem der Ionenverbrauch durch Wiedervereinigung den der Ionenerzeugung (soweit wenigstens die uns zugänglichen Luftschichten in Betracht kommen) überwiegt, liegt es begründet, dass der Elektrisierungsprozess nicht umkehrbar ist bei wechselndem Luftdrucke. In dem dauernd strahlenden Radiumvorrate der Erdkruste liegt hiernach deren negative Ladung gegenüber der positiven Lufthülle von Anfang an begründet; der zur Trennung der Elektrizitäten und damit zur Herstellung des Erdfeldes dauernd benötigte Arbeitsaufwand wird aus dem ungeheuren Energievorrate der atmosphärischen Cirkulationen mit gedeckt, stammt also in letzter Instanz von der Sonne her.

3. Bei diesem Erklärungsversuche werden in natürlichster Weise die Erscheinungen des atmosphärischen Potentialgefälles in innigste Beziehungen zu denjenigen meteorologischen Faktoren gebracht, mit denen schon längst die Beobachtungen einen inneren Zusammenhang ahnen liessen. Soviel ich sehe, ist dieser Zusammenhang thatsächlich ein solcher, dass er durch das hier vorgeschlagene Erklärungsprinzip unmittelbar verständlich wird. Freilich sind zur völligen Klärung der Verhältnisse noch weitere Studien nötig. Das eine möge schon jetzt hervorgehoben werden: Mehrfach ist bereits auf den eigentümlichen Parallelismus hingewiesen worden, der zwischen der täglichen Periode des Luftdruckes und derjenigen der Luftelektrizität an demselben Beobachtungsorte besteht und zwar sowohl für die einfache wie für die doppelte tägliche Periode. Dieser Zusammenhang musste bei allen bisherigen Er-

1) Townsend, Proc. Roy. Soc. **45**, 192, 1899 und **47**, 122, 1900, sowie Phil. Trans. A. **193**, 129, 1900 und A, **195**, 259, 1900.

2) J. Elster u. H. Geitel, diese Zeitschr. **5**, 11, 1904.

1) Vergl. z. B. H. Ebert u. P. Ewers, diese Zeitschr. **4**, 166, 1902.

klärungsversuchen unverständlich bleiben; jetzt werden beide Erscheinungen einfach als Ursache und Wirkung miteinander verknüpft. Freilich darf man nicht auf eine vollkommene zeitliche Koinzidenz der Maxima und Minima der beiden Wellen bezw. Doppelwellen rechnen. Es ist nicht zu vergessen, dass die Luft, wenn sie durch grösseren barometrischen Druck in die Erdkapillaren in reichlicherer Menge hineingepresst wird, hier einen grossen Widerstand zu überwinden hat. Ebenso wird beim Nachlassen des äusseren Druckes das Zurückströmen der Luft namentlich aus den tieferen, emanationsreicheren Schichten sich um mehrere Stunden verspäten können. Da es aber nach der hier vertretenen Auffassung auf die Strömungsgeschwindigkeit der ionisierten Luft durch die oberen Schichten des Bodenmateriales ankommt, so müssen sich Phasendifferenzen zwischen Ursache und Wirkung, d. h. zwischen Luftdruckkurve und Potentialkurve, ergeben, die je nach den örtlichen Verhältnissen und der Jahreszeit verschiedene Beträge annehmen können. In der Literatur finden sich bereits zahlreiche Beispiele hierfür.[1])

Ein Körper, der wegen seines lockeren Gefüges und wegen seiner von Wilson und Allen entdeckten andauernden, wenn auch schwachen Radioaktivität das geschilderte Phänomen in besonderem Masse unterstützen muss, ist der Schnee; er kann auch bei gefrorenem Boden selbst als wirksamer Ionisator auftreten; vielleicht erklären sich hieraus die verhältnismässig hohen winterlichen Potentialwerte unserer Breiten. Natürlich werden andere meteorologische Faktoren modifizierend eingreifen, namentlich der Wasserdampfgehalt der Luft. Aber gerade die kondensierende Wirkung freier Ionen und zwar das grössere Kondensationsvermögen der negativen Gasionen giebt hier neue Gesichtspunkte an die Hand mit Rücksicht auf die durch ein reiches Beobachtungsmaterial gestützte Beziehung zum Dampfdruck.

4. Es fragt sich nur, ob denn die Bodenluft, der doch eine im Vergleich mit künstlich etwa durch Röntgen- oder Becquerelstrahlen ionisierten Luft nur viel geringere Ionendichte zukommt, wirklich imstande ist, die hier geforderten negativen Elektrisierungen hervorzurufen.

Um dies zu entscheiden, wurde im Innern eines 13 cm langen, 1,3 cm weiten Messingrohres ein Metallpfropfen mit vielen engen Kanälen befestigt, der aus einem Packet feiner Nähnadeln bestand, das im Rohre festgeklemmt wurde. Das Rohrstück wurde von einem gut isolierenden Glasrohre getragen, in welchem konaxial ein Zuleitungsrohr zum Innern des Messingrohres führte. Das Ganze war von einer metallischen Schutzhülse umschlossen, innerhalb deren auch die Zuleitung zu einem empfindlichen Quadrantenelektrometer mit Bernsteinisolierung führte.

Eine grössere Menge Bodenluft wird nun den Erdkapillaren entnommen und das dieselbe enthaltende Gefäss durch kurze und weite Schlauchverbindungen und Glasrohre (von denen eines etwas Chlorcalcium zum Trocknen enthielt) an das Rohr mit den Nadeln angeschlossen. Da die Luft zunächst hauptsächlich Emanation und nur wenige Ionen enthält[1]), lässt man sie einige Zeit lang stehen, ehe man sie durch die Rohrkapillaren strömen lässt; nach etwa 4 Stdn. ist das Maximum an Ionenzahl pro Kubikcentimeter erreicht. Unterdessen hat das mit einem Quadrantenpaar dauernd verbundene Nadelrohr längere Zeit geerdet gestanden. Bei Aufhebung der Erdung erhält man regelmässig einen Ausschlag, der allmählich einen ganz bestimmten Betrag annimmt. Derselbe ist auf eine Kontaktpotentialdifferenz der aneinandergefügten metallischen Leiter zurückzuführen. (Vergl. S. 138 die Anmerkung.)

Hat die Nadel ihre Endstellung erreicht und lässt man nun die ionenreiche Bodenluft mit geringem Überdrucke langsam durch die Metallkapillaren des Nadelrohres strömen, so beobachtet man regelmässig einen sehr deutlichen Ausschlag im Sinne negativer Ladung, die auf die Wände der Kapillaren und damit auf das ganze sie enthaltende leitende System übertragen wird. Wiederholt man den Versuch unter vollständig identischen Bedingungen mit gewöhnlicher ionenarmer Luft, z. B. mit Zimmerluft, so erhält man diesen Ausschlag nicht oder nur Andeutungen desselben (meist nur im Anfange, wo der negative Ausschlag besonders gross zu sein pflegt). Daher kann die Erscheinung nicht in reibungselektrischen Vorgängen ihre Ursache haben.

Treibt man die Bodenluft mit sehr grossen Überdrucken stossweise durch das Kapillarensystem, so erhält man mitunter positive Ausschläge von sehr wechselndem Betrage. Diese haben vielleicht in reibungselektrischen Vorgängen ihren Grund, denn sie treten auch bei gewöhnlicher (feuchter) Luft auf.

5. Durch einen direkten Versuch, der gewissermassen im kleinen die Verhältnisse nachahmt, die wir dem Ausgeführten zufolge in der

1) Vergl. u. a. J. Hann, Meteorolog. Zeitschr. **6**, 106, 1889 und **7**, 29, 1890, woselbst der Verf. die Tageskurven für beide Elemente einerseits für Kap Thordsen (auf Grund der Ergebnisse der schwedischen Polarexpedition 1882/83) und andererseits für Kap Horn (französische Expedition) in Sinusreihen darstellt.

1) Vergl. H. Ebert und P. Ewers, diese Zeitschr. **4**, 162, 1902; hier ist auch darauf hingewiesen, dass man bei allen diesen Versuchen vermeiden muss, zu enge und zu lange und namentlich gebogene Rohrverbindungen, enge Hahndurchbohrungen u. s. w. anzuwenden.

Natur vor sich gehend zu denken haben, suchte ich festzustellen, ob durch einen solchen Diffusionsprozess der Ionen durch enge Kapillaren der Träger der radioaktiven Wirkung, in unserem Falle also der Erdkörper selbst, wirklich negativ geladen werden könne.

Im Inneren eines grösseren porösen Thoncylinders (19,0 cm hoch, 7,0 cm weit im Lichten, also 0,73 Liter Inhalt bei 2,5 mm Wandstärke) wurde in einem Glaseimerchen eine kleine Menge radioaktiver Substanz (Gieselsches Präparat) aufgehängt. Der Cylinder wurde dann oben durch einen eingesiegelten Metalldeckel luftdicht verschlossen; von diesem gingen Stanniolstreifen aussen an dem Cylinder bis unter den Boden desselben hinunter, um die Elektrizitätsmengen, die sich etwa an den einzelnen Teilen der Cylinderfläche zeigten, rasch und sicher dem Deckel zuzuführen. Dieser war an einem vertikalen Messingstabe angelötet, der in einen gut isolierenden Hartgummistopfen eingekittet war. Derselbe bildete den luftdichten Abschluss eines kurzen Rohransatzes, der auf dem nach oben gewölbten Deckel eines grösseren kupfernen, dickwandigen Kessels (25 cm mittlere lichte Weite, 31 cm Tiefe, 15,2 Liter Inhalt) aufgelötet war. So war der Thoncylinder vollkommen vor störenden äusseren Influenzwirkungen geschützt; auch die Zuleitung zu den Quadranten des Elektrometers war vollkommen von einer geerdeten metallischen Hülle umschlossen; damit auch Erschütterungen oder eventuelle Durchbiegungen des Deckels sich nicht mechanisch auf das Messinstrument übertragen konnten, bestand ein Teil der Zuleitung aus einem dazwischen gelöteten Stücke locker gespannten dünnen Metallbandes (Lametta). An dem Deckel des Kupferkessels war noch eine Düse angebracht, die durch dickwandigen Gummischlauch an die Wasserstrahlpumpe unter Parallelschaltung eines Manometers angeschlossen war.

Nun wurde immer in folgender Weise beobachtet: Der Aussenraum des Thoncylinders, d. h. der Kupferkessel wurde mit ionenarmer Frischluft gefüllt. Dann blieb das Ganze, gut zur Erde abgeleitet, längere Zeit stehen. Dabei verloren sich alle etwa durch Reibung hervorgerufenen störenden Ladungen und im Innern des Thoncylinders bildete die radioaktive Substanz reichliche Ionen. Dann wurde die Nadel des Quadrantenelektrometers geladen und die Erdung des Cylinders mit seiner Zuleitung und dem einen Quadrantenpaare aufgehoben, während der Kessel und die Schutzrohre dauernd an Erde blieben. Wiewohl das Instrument sehr sorgfältig aufgestellt war und alles gut isolierte, zeigte die Nadel doch immer einen Ausschlag entsprechend einer Potentialdifferenz von einigen Zehnteln Volt. War, wie hier, der Thoncylinder von einer Kupferwandung umschlossen, so entsprach die Richtung des Nadelausschlages einer Verschiebung des Spannungsniveaus im negativen Sinne; bei den Vorversuchen war der Cylinder von einem Gefäss aus Weissblech, also verzinntem Eisen, umgeben; dann erwies sich der Cylinder positiv elektrisch. Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dass wir es hier mit der Wirkung von Kontaktpotentialen zu thun haben in der Leiterkette, deren äusserste Glieder auf der einen Seite durch die Wände des umhüllenden Schutzgefässes, auf der anderen durch die Elektrometernadel (aus Silberpapier an einem dünnen Wollaston-Platindrahte hängend) gebildet wurden. Der Umstand, ob die Luft in dem Zwischenraume zwischen Cylinder und Kessel nur schwach leitend oder durch die Gegenwart vieler Ionen relativ gut leitend war, änderte an der Höhe dieser Kontaktpotentialdifferenz nichts und hatte nur den Effekt, dass die Nadel im ersten Falle ihre Endlage nur sehr langsam, im anderen Falle aber mehr oder weniger rasch erreichte.[1])

Erst nachdem die Nadel ihre Endlage vollkommen erreicht hatte, was oft erst nach einer Stunde eintrat, wurde ein in die Saugleitung der Pumpe eingefügter Dreiweghahn umgestellt, so dass nun die Luft im Kessel verdünnt wurde;

---

1) Die beschriebene Anordnung ähnelt augenscheinlich derjenigen, welche J. C. McLennan und E. F. Burton in einer jüngst erschienenen Arbeit angewendet haben. (Phys. sciences series. University of Toronto studies **3**, 27, 1903; Phys. Review **16**, 184, 1903; diese Zeitschrift **4**, 553, 1903.) Auch dort werden Cylinder verschiedener Metalle ineinander angeordnet; der äussere wird geerdet, der davon isolierte Innencylinder wird mit einem Quadrantenpaare eines empfindlichen Elektrometers verbunden; nach Aufhebung der Erdung ergeben sich negative Potentiale von verschiedener Höhe, je nach der Natur des Metalles, aus dem Innen- und Aussencylinder gefertigt sind. Der grössere oder geringere Ionengehalt der dazwischen befindlichen Luft ändert die Grenzpotentiale nicht in einem bestimmten Sinne; nur die Zeit, bis die Endstellung der Elektrometernadel erreicht ist, wird beeinflußt. Ob man aber hieraus mit den Verfassern auf „die Radioaktivität der Metalle im allgemeinen" und auf eine „fortwährende Aussendung eines Überschusses an positiv geladenen Teilchen" schliessen darf, dürfte doch dahin zu stellen sein. Schon A. Voller hat darauf hingewiesen (diese Zeitschrift **4**, 666, 1903), dass sich die Versuche der Genannten vollkommen durch Kontaktpotentialdifferenzen in der verwendeten Leiterkette erklären lassen, deren Endglied die Elektrometernadel ist (wohl diese, und nicht die Quadranten, da McLennan und Burton an die Quadranten anschalten und die Nadel laden). Besteht diese aus Aluminium, so können für Metallkontaktpotentiale verhältnismässig sehr hohe Differenzen auch dann auftreten, wenn dieses selbe Metall das andere Endglied der Kette bildet; denn es ist bekannt, wie stark gerade die Stellung dieses Metalles in der Spannungsreihe wechseln kann, je nach der Beschaffenheit seiner Oberfläche (vergl. z. B. W. Hallwachs [Wied. Ann. **29**, 12, 1886], der zwischen älterem und frisch geputztem Aluminium eine Potentialdifferenz von 0,8 Volt fand).

Auch Simpson kommt in der obengenannten Arbeit zu einem analogen Ergebnisse. Ein solcher Doppelcylinder, dessen Umhüllung an Erde liegt, dessen isolierter Innenteil an ein Elektrometer angeschlossen ist, verhält sich, mit ionisierter Luft gefüllt, vollkommen wie ein galvanisches Element, bei dem der Elektrolyt eben durch die ionisierte Luft selbst vertreten wird.

dadurch wurde die durch das radioaktive Präparat ionisierte Luft im Inneren des Thoncylinders veranlasst, durch die Poren desselben herauszudringen: Sofort erwies sich der ganze Cylinder deutlich negativ geladen gegenüber seinem Potentialniveau ohne Ionendiffusion. Diese negative Elektrisierung wurde gesteigert, solange durch Wegnehmen der äusseren Luft ein Strom ionisierter Luft durch die Kapillaren der Thonsubstanz hindurchging. Einer Druckverminderung von etwa 100 mm entsprachen Ladungen des ganzen Systems bis zu $^1/_4$ Volt.

Durch das Heraussaugen der ionisierten Luft wird auch der Zwischenraum zwischen Kessel und Cylinder allmählich stärker leitend, daher verschwindet die Ladung langsam, wenn nicht weiter gepumpt wird; jede neue Druckverminderung wird aber sofort wieder mit einem deutlichen Elektrometerausschlage im Sinne erneuter negativer Ladung beantwortet. Lässt man von aussen her Zimmerluft wieder langsam eintreten, so bleibt der Ausschlag bestehen. Selbst wenn man den Unterdruck ganz aufhebt und den Ausgangsdruck wiederherstellt, bleibt die negative Ladung zum grössten Teile erhalten, bis sie sich durch die ionisierte Luft hindurch allmählich verliert, wobei die Nadel wieder langsam zu ihrer Ausgangslage zurückkehrt. Die Druckerhöhung treibt dabei offenbar ebenso viele Luft wieder in den Cylinder hinein, als vorher durch seine Poren herausgedrungen war. Aber diese Rückströmung vermag das Phänomen der negativen Elektrisierung nicht umzukehren, nicht einmal aufzuheben. Nur wenn man etwa die Luft ganz plötzlich wieder zuströmen lässt, können Störungen eintreten.

Hat man den Versuch einmal gemacht, so muss man natürlich den Aussenraum zunächst erst wieder mit Frischluft füllen und unter allseitiger Erdung warten, bis sich wieder völliges elektrisches Gleichgewicht hergestellt und in der im Inneren des Cylinders stagnierenden Luft eine grössere Anzahl von Ionen neu gebildet hat.

Hängt man in den Kessel einen dem beschriebenen völlig gleichbeschaffenen Thoncylinder, aber ohne radioaktive Substanz, auf, so bleibt die negative Elektrisierung vollkommen aus, selbst wenn man mit der Evakuation viel weiter schreitet, als bei den vorher geschilderten Versuchen. Dem Thoncylinder entspricht in der Wirklichkeit die Erde mit ihrem Gehalte an radioaktivierenden Substanzen, seinem Innenraume entspricht die Summe aller Hohlräume im Erdboden, Gerölle und Gestein; der Aussenraum des Modelles vertritt die freie Atmosphäre; die Wirkung der Pumpe ähnelt einem barometrischen Minimum oder einer Erhöhung der Bodentemperatur, welche Luftmassen aus dem Boden durch die Erdkapillaren nach aussen treten lässt.

6. Auch in quantitativer Hinsicht scheint mir die hier versuchte Erklärung der fortgesetzten Regenerierung der negativen Erdelektrizität auf keine ernstlichen Schwierigkeiten zu stossen. Freilich lassen die in Betracht kommenden Faktoren zunächst nur ungefähre Schätzungen zu, die noch durch genauere Messungen zu ersetzen sein werden; aber es ist immerhin von Wert, einmal zu überschlagen, welche Mengen ionisierter Bodenluft bereits ausreichen würden, um den durch die natürliche Leitfähigkeit der Luft bedingten Verlust fortdauernd zu decken.

Bei uns beträgt im Sommer die Flächendichte der normalen negativen Erdladung auf ebenem Terrain etwa $2{,}7 \cdot 10^{-4}$ elektrostatische Einheiten pro cm^2 oder 2,7 Einheiten pro m^2, entsprechend einem Potentialgefälle von 100 Volt pro m Erhebung. In dieser Jahreszeit findet man für die Zerstreuung negativer Ladungen auf freiem (ebenem) Felde rund $a = 1$ Proz. pro Minute. Die das elektrische Kraftfeld aufrecht erhaltende Ursache muss also pro m^2 und Minute etwa $2{,}7/100$ elektrostatische Einheiten oder im Tage $60 \cdot 24 \cdot 2{,}7/100 = 39$ Einheiten jedem Quadratmeter zu liefern imstande sein. Nehmen wir zunächst einmal an, dass diese Elektrizität an der betreffenden Stelle selbst erzeugt würde und zwar dadurch, dass Bodenluft durch den betrachteten Quadratmeter der Erdoberfläche nach aussen hindurchträte. Bodenluft, die im Sommer aus der verhältnissmässig geringen Tiefe von 1,4 m unter Rasen entnommen worden war, zeigte nach nur zweitägigem Stagnieren in einem Raume von 58 Litern einen Ionengehalt, der über 60 elektrostatische Einheiten Elektrizität für jedes Vorzeichen im Kubikmeter repräsentierte.[1]) Villari[2]) hat schon früher darauf hingewiesen, dass ionisierte Luft sehr rasch ihre Ladung abgiebt, wenn sie durch lange und enge Röhren strömt, und namentlich dann, wenn die Röhren nicht gerade sind, sondern gewunden, so dass die Luft oft an die Wände stösst. Darauf ist die zunächst überraschende Thatsache zurückzuführen, dass die Luft, wenn sie direkt aus den Erdkapillaren herausgesaugt wird, fast keine Ionen, sondern nur die elektrisch neutrale „Emanation" enthält, welche erst allmählich wieder zu hohen Ionisierungen der entnommenen Luft führt. Bei dem Passieren der engen Kapillarwege sowie des Saugrohres und seiner Schlauchverbindungen geben die bereits gebildeten Ionen ihre Ladungen fast vollständig an die Wandungen ab. Aus diesem Grunde lässt

1) H. Ebert und P. Ewers, diese Zeitschrift **4**, 166, 1903.
2) E. Villari, Phil. Mag. (6) **1**, 535, 1901.

sich aber auch nur schwer ein Urteil darüber gewinnen, wie viele Ionen ein Kubikmeter Bodenluft im Erdboden selbst enthält. Noch viel weniger lässt sich zur Zeit abschätzen, welche Elektrizitätsmenge von denselben bei ihrer Wanderung durch die Erdkapillaren an die Wände derselben abgegeben wird; dies hängt offenbar sehr von der Beschaffenheit der Bodenmaterialien selbst ab. Für die normale Erdelektrizität kommt nur der Überschuss an Elektrizität in Betracht, den die negativen Ionen gegenüber den positiven abgeben, welch' letztere ja in der Überzahl in die freie Atmosphäre entweichen. Ziehen wir einmal zum Vergleich die in dieser, während des Sommers bei uns in der Nähe der Erdoberfläche angetroffenen Elektrizitätsmengen selbst in Betracht. Mit Hilfe des vom Verf. früher beschriebenen Aspirationsapparates[1]) lassen sich diese Mengen mit hinreichender Genauigkeit bestimmen; es ergeben sich im Mittel etwa 0,37 elektrostatische Einheiten negativer Elektrizität und 0,55 Einheiten positiver Ladung im cbm, d. h. ein Verhältnis beider von rund 1,5 und ein Überschuss an positiver Ladung von 0,18 Einheiten pro cbm. Eine grosse Zahl von Messungen weist darauf hin, dass aller Orten die Bodenluft ausserordentlich viel ionenreicher als die Luft der freien Atmosphäre darüber ist. Dies hängt damit zusammen, dass nach den neuesten, bereits eingangs erwähnten schönen Untersuchungen von Elster und Geitel die selbststrahlende Materie überall im Erdboden verteilt ist und gerade im verwitternden Gestein besonders gut aufgeschlossen zu sein scheint. Hier wird die Luft, die dauernd der Becquerelstrahlung der aktiven Substanzen ausgesetzt ist, enorm hohe Ionenbeträge annehmen können, deren Ladungen freilich auf dem Wege bis zur Oberfläche, — wenigstens was die negativen anbetrifft — zum allergrössten Teile an die Erde selbst wieder abgegeben werden. So kann man im Gebirge auf alten Schutthalden sehr hohe Beträge an Emanation (also hohe Aktivierungszahlen *A*) erhalten und doch nur normale Ionenführung in der Atmosphäre antreffen. Solche Oberflächenpartien müssen daher besonders viel zur negativen Erdelektrisierung beitragen. Die 39 elektrostatischen Einheiten, die wir pro Tag und Quadratmeter zur Aufrechterhaltung des normalen Erdfeldes, wie oben berechnet, benötigen, können in diesen Gegenden von Bruchteilen eines Kubikmeters Bodenluft geliefert werden, wie sie aus dem Boden leicht heraustreten können, auch wenn der Barometerstand während eines Tages nur um einen Millimeter schwankt. Freilich wird nicht jedes Bodenmaterial für diesen Regenerierungsprozess geeignet sein; wir werden auf der Erdoberfläche zwischen konsumierenden und zwischen produzierenden Partien zu unterscheiden haben. An den Berggipfeln und Graten wird infolge des hohen Potentialgefälles, welches viele + Ionen sammelt, die negative Erdelektrizität besonders intensiv neutralisiert werden; in den Thälern, Klüften, Spalten und Höhlen des Felsgesteins, in den Trümmerfeldern und Schutthalden mit ihren zahlreichen Hohlräumen haben wir die Stätten zu erblicken, von denen aus die negative Ladung besonders reichlich nachgeliefert wird und + Elektrizität in die Atmosphäre übertritt.

Es ergiebt sich also ein Cirkulationsprozess, bei dem positive Ladungen in den Thalpartien in das Luftmeer austreten, auf den Höhengebieten wieder in den Erdkörper eintreten. Es scheint, dass dieser Prozess unter Umständen im Erdstrome seinen Ausdruck findet, wenn er als Zweigstrom zu dieser Cirkulation auftritt. In der That fliesst der (positive) Erdstrom ja im allgemeinen vorwiegend von unten nach oben; daher auch der so häufig konstatierte Parallelismus zwischen Erdstrom und luftelektrischen Vorgängen.

Auch die Vegetation wird einen spezifischen Einfluss ausüben können. Hier bieten sich viele neue Fragen. Indessen zeigt schon dieser erste einfache Überschlag, dass auch in quantitativer Beziehung der genannte Diffusionsprozess das Erdfeld dauernd aufrecht zu erhalten vermag.

Herr cand. L. Endrös, der mich bei Anstellung der oben erwähnten Versuche unterstützt hat, ist damit beschäftigt, einige der hier angeregten Fragen quantitativ weiter zu verfolgen. —

München, Physikal. Institut der techn. Hochschule, Januar 1904.

(Eingegangen 29. Januar 1904.)

1) H. Ebert, diese Zeitschr. **2**, 662, 1901.

BESPRECHUNGEN.

H. von Helmholtz, Einleitung zu den Vorlesungen über theoretische Physik. Herausgegeben von Arthur König und Carl Runge. gr. 8. VII. u. 50 S. mit 4 Fig. im Text und einem Porträt. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1903. M. 3.—.

Unaufhaltsam drängt in unseren Tagen die Entwicklung der Physik vorwärts; eine Reihe höchst überraschender Entdeckungen hat in der allerjüngsten Zeit zur Aufstellung neuer Hypothesen von erstaunlicher Kühnheit, zur Eröff-

nung ungeahnter Perspektiven geführt. Grenzen, die man stets respektiert hatte, werden unsicher, scheinbar feststehende Begriffe fliessend, und eine völlige Umschmelzung unserer wissenschaftlichen Anschauungen scheint bevorzustehen. Diesem reissenden Entwicklungsgang gegenüber halten die Vorlesungen von Helmholtz, deren Veröffentlichung ihrer Vollendung entgegengeht, das Gesamtbild der Wissenschaft fest, wie es sich als Ergebnis einer hervorragenden, in die Entwicklung der physikalischen Denkweise selbst bedeutungsvoll eingreifenden Lebensarbeit in dem Geiste des grossen Forschers gestaltet hatte; sie zeichnen dieses Bild in der treuesten und lebensvollsten Weise und liefern somit nicht nur ein Lehrbuch ersten Ranges, sondern zugleich ein historisches Dokument von bleibender Bedeutung.

Nicht mit gleicher Vollkommenheit spiegelt sich in der uns vorliegenden Einleitung die Stellung Helmholtzens zu den philosophischen Fragen, zu deren Klärung er — obgleich immer vom Standpunkte des Naturforschers aus — vieles beigetragen hat. An Bedeutung wie an Umfang den früher erschienenen Teilen des Gesamtwerkes nachstehend, enthält die erste Abteilung des ersten Bandes zwar eine Reihe interessanter Erörterungen, ohne jedoch in grössere Tiefen einzudringen oder eine vollständige Darstellung des philosophischen Grenzgebietes anzustreben.

Die kleine Schrift zerfällt in zwei Abschnitte; der erste ist den „methodologischen Prinzipien" gewidmet und beschäftigt sich mit der Art und Weise, in welcher wir zu wissenschaftlichen Begriffen gelangen. Die ganze auf wissenschaftliche Erkenntnis gerichtete Thätigkeit ist im Grunde nichts anderes als Begriffsbildung; die Operationen des Urteilens und Schliessens, welche die alte Logik als Quelle alles Wissens ansah, wobei die Existenz von Begriffen ohne weiteres vorausgesetzt wurde, gehen vollkommen in jener einen Thätigkeit auf. Es zeigt sich nämlich, dass die Merkmale, durch welche wir gewisse Klassen von Objekten abgrenzen und zu Begriffen zusammenfassen, keineswegs unabhängig voneinander gewählt werden dürfen, wenn wir uns auf dem Boden der Wirklichkeit bewegen wollen, wenn unseren Begriffen Realität zukommen soll; vielmehr sind mit der Setzung gewisser Merkmale gewöhnlich noch andere Eigenschaften gesetzt, und es darf also zu jenen ersten Merkmalen kein weiteres hinzugefügt werden, welches diesen Eigenschaften widerspricht, ohne dass dadurch der Begriff, welcher durch die Gesamtheit der gesetzten Merkmale charakterisiert werden soll, ein Scheinbegriff, ein reines Gedankending wird. Wenn nun die Gesamtheit der Merkmale, welche sich in solcher Weise zu einem gewissermassen natürlichen Komplex zusammenschliessen, grösser ist als die Anzahl der zur Abgrenzung des Begriffs ursprünglich notwendigen Merkmale, so bezeichnen wir den Überschuss der Merkmale als Konnotationen des Begriffs. Feststellung der Konnotationen eines Begriffs sind die allgemeinen Urteile im Sinne der alten Logik; was in dieser Wissenschaft als Schluss bezeichnet wird, ist nichts anderes als der Ausdruck der Thatsache, dass ein Ding, welchem die charakterisierenden Merkmale eines Begriffs zukommen, auch die oben als Konnotationen bezeichneten Merkmale aufweisen muss.

Das Verhältnis des Begriffs zu seinen Konnotationen umfasst nun auch das Verhältnis der Umstände zu dem notwendig eintretenden Ereignis, also den Ausdruck des Naturgesetzes. Oft ist es ja nur eine sprachliche Veränderung, welche die eine Form des Verhältnisses (Begriff und Konnotation, allgemeines Urteil) in die andere Form (Naturgesetz) überführt. Das Urteil: „Das Licht ist brechbar" lässt sich als Gesetz aussprechen in der Form: „Ein Lichtstrahl wird beim Durchgang aus einem Medium in ein anderes aus seiner Richtung abgelenkt."

Für das Naturgesetz haben wir nun noch eine weitere Form des Ausdrucks, indem wir die Konnotation nicht wie soeben durch ein Verbum, sondern durch ein Substantivum bezeichnen. Mit der Vorstellung zweier schweren Körper, welche sich in endlicher Entfernung voneinander im Raume befinden, ist als Konnotation zugleich die Vorstellung der notwendig eintretenden Beschleunigung gesetzt; diese Konnotation bezeichnen wir substantivisch durch das Wort Anziehungskraft. Mit der Einführung derartiger Abstrakta ist aber doch etwas mehr als eine bloss sprachliche Nuance bewirkt. Dieses Mehr ist nun insofern vollkommen gerechtfertigt, als das von unserem Wollen und Wünschen unabhängige Walten des Naturgesetzes am deutlichsten zum Ausdruck kommt, wenn es als etwas Existierendes, als stets wirkungsbereites Agens gefasst wird. Zugleich aber ist hierbei Gefahr vorhanden, dass die wahre Bedeutung der so eingeführten Abstrakta vergessen und diese als unabhängig existierende Realitäten aufgefasst werden. Daher die Dunkelheiten und Widersprüche des Kraftbegriffes und die an Faraday anknüpfenden Bestrebungen, diesen Begriff als ein hypothetisches Element gänzlich aus der Wissenschaft zu beseitigen. In diese Gedankenreihe gehört nun auch der Begriff der Ursache, die Erörterung des Kausalitätssatzes. Helmholtz wiederholt hier, was er in der berühmten Einleitung zu seiner Abhandlung über die Erhaltung der Kraft gesagt hat, mit den beim Abdruck dieser Arbeit in den wissenschaftlichen Abhandlungen gegebenen Modifikationen. Das Kausalitätsgesetz erscheint als

Postulat der Begreiflichkeit des Naturganzen. Die Bedeutung, in welcher Helmholtz das Wort „Ursache" anwendet, umfasst übrigens keineswegs alle Beziehungen, in welchen das Wort im Sprachgebrauch auftritt, und die auf jene spezielle Bedeutung zugeschnittene etymologische Ableitung wird sich schwerlich aufrecht erhalten lassen. Mit zwei wenig originellen Paragraphen über die Hypothese als Vorstufe des Gesetzes, über die Vollständigkeit der wissenschaftlichen Erfahrung und ihre praktische Bedeutung schliesst der erste Abschnitt.

Der zweite behandelt die Grundlagen der mathematischen Darstellung. Jedes Gesetz umfasst eine Mehrheit von Fällen; Momente, welche den einzelnen Fall charakterisieren, sind im Hinblick auf das Gesetz unwesentlich; solche unwesentlichen Momente sind nun in erster Linie die räumlichen und zeitlichen Grössenunterschiede; von ihnen werden wir bei der Formulierung des Gesetzes zu abstrahieren haben; dies geschieht, indem wir auf unendlich kleine Elemente der ausgedehnten Materie, auf unendlich kleine Intervalle des zeitlichen Verlaufes zurückgehen; und zwar kann diese Zurückführung unter der Annahme stetiger oder unstetiger Zusammensetzung erfolgen. Die Anwendung des Gesetzes auf den einzelnen Fall wird eine Addition der Elementarwirkungen, also im allgemeinen eine Integration, die Ableitung des Gesetzes aus den einzelnen Fällen eine Differentiation erfordern. In diesen Verhältnissen erblickt daher Helmholtz die Wurzel der mathematischen Darstellbarkeit physikalischer Gesetze. Über die nun folgenden Auseinandersetzungen dürfen wir uns hier kurz fassen, denn es ist im wesentlichen dieselbe Gedankenreihe, welche in der fundamentalen Arbeit „Zählen und Messen" entwickelt ist. Gleichartige Grössen sind solche, die nach derselben Beobachtungsmethode verglichen werden. Zur Definition der Gleichheit zweier Dinge, deren Gleichartigkeit vorausgesetzt werden muss, dient alsdann der Satz, welcher gewöhnlich als erstes Axiom der Arithmetik angegeben wird und besagt: Wenn zwei Grössen einer dritten gleich sind, so sind sie unter sich gleich. Ungleiche, aber gleichartige Dinge können in der Weise verglichen werden, dass zwei oder mehrere zu einem Aggregat vereinigt, „verknüpft" und einem anderen gleich gesetzt werden. Damit eine derartige Vergleichung einen zahlenmässigen Ausdruck erhalten kann, ist notwendig, dass die in Betracht kommende Verknüpfung denselben Gesetzen unterliege, durch welche auch die arithmetischen Operationen geregelt werden. Diese Gesetze des Zählens, die Axiome der Arithmetik, leitet nun Helmholtz in bekannter Weise aus dem zur Definition der Addition dienenden Grassmannschen Axiom her. — Nicht alle Vorgänge, deren Verknüpfung diesen Gesetzen folgt, lassen sich aber durch ganze Zahlen ausdrücken; hier ist die Stelle, wo die Einführung irrationaler Zahlen und der aufs engste mit ihnen verknüpften Betrachtungen über Stetigkeit notwendig wird. In der vorliegenden Darstellung werden diese Dinge nur flüchtig berührt.

Aber auch Aggregate ungleichartiger Grössen können ein Mass für andere Grössenarten abgeben, wenn die Zahlen, welche den Grössen durch Vergleichung mit gleichartigen Grössen zugeordnet worden sind, auch hierbei sich nach den arithmetischen Gesetzen verbinden; dies ist z. B. der Fall, wenn eine Fläche durch ein Produkt zweier Linien gemessen wird. Aus dieser Art der Verknüpfung entspringt die für die Physik so ungeheuer wichtige Lehre von den physikalischen Einheiten und ihren Beziehungen zu den absoluten Einheiten. Den Schluss des Abschnittes bildet die Ausdehnung der Addition auf Komplexe von ungleichartigen Grössen, also z. B. das Rechnen mit geometrischen Grössen, wie es Grassmann begründet hat. Als Gegensatz zu den Zusammensetzungen dieser Art, welche den Gesetzen der Addition folgen, und deren wichtigste die Streckenrechnung ist, wird die Zusammensetzung von Drehungen eines Körpers um irgend welche Achsen besprochen, deren Reihenfolge nur dann als gleichgültig angesehen werden darf, wenn die Drehungswinkel unendlich klein sind.

Dies ist in grossen Zügen der Inhalt der einleitenden Vorlesungen; zu bedauern ist, dass die Redaktion — wenigstens des ersten Teiles — unter den im Vorwort erwähnten beklagenswerten Umständen offenbar gelitten hat. Da die Drucklegung einer stenographischen Nachschrift folgt, so wird man annehmen müssen, dass Helmholtz, als er die ersten Vorlesungen hielt, nicht wohl disponiert gewesen ist, oder dass er Grund zu haben glaubte, bei seinen Zuhörern ein sehr langsames Auffassungsvermögen vorauszusetzen. Nur so ist die ermüdende Breite der Darstellung, sind die endlosen, manchmal wörtlichen Wiederholungen der einfachsten Dinge zu erklären. In solchem Falle aber ist es eine falsche Pietät, den wörtlichen Ausdruck unbedingt festhalten zu wollen. Durch energische Streichungen wäre der geringe Umfang des Heftes allerdings noch bescheidener geworden, aber die Darstellung hätte ohne Zweifel an Frische und an Interesse gewonnen. Zur Begründung dieses Urteils mögen hier einige Beispiele folgen. Auf Seite 2 findet man den Satz: „. . . für gewöhnlich verliert man bei dem Vortrage einzelner Zweige der Wissenschaften auf den Universitäten nicht viel Worte über die logischen Grundsätze, die den Untersuchungen, an die man herantritt, zu Grunde

liegen." Fast mit denselben Worten heisst es auf Seite 4: „Man pflegt bei der systematischen Darstellung der verschiedenen Wissenschaften gewöhnlich nicht viel Worte und Betrachtungen über die logischen Grundsätze zu verlieren, die den Untersuchungen, an die man herantritt, zu Grunde liegen; aber gerade bei der Physik ist dies doch bis zu einem gewissen Grade notwendig." Und als ob der Leser hierdurch noch nicht genügend vorbereitet sei, wird ihm auf Seite 6 noch einmal versichert: „Es ist daher notwendig, zunächst einige kurze Auseinandersetzungen über das logische Geschäft zu machen, welches wir in den naturwissenschaftlichen, physikalischen Untersuchungen auszuführen haben." —

Auf Seite 11 findet man die Stelle: „Wir haben nämlich die Aufgabe, solche Fälle von Veränderungen und Vorgängen als Klassen zusammenzugreifen, bei denen ausser den beobachteten gleichartigen Umständen, welche der Definition des Begriffes entsprechen, noch regelmässig andere Vorgänge stattfinden, welche also den Konnotationen des Begriffs analog sind," nachdem man 25 Zeilen zuvor gelesen hat: „Wir müssen solche Fälle zu Klassen zusammenstellen, in denen ausser den Umständen, welche zur Definition, d. h. zur Abgrenzung der betreffenden Gruppe von Vorgängen dienen, auch noch andere gleichartige, gemeinsame Änderungen, d. h. in ihrem Ablauf einander gleichende Veränderungen vorkommen."

Auf Seite 14 dreht sich die Darstellung in irritierender Weise unaufhörlich um denselben Punkt.

Beim mündlichen Vortrag werden derartige Wiederholungen kaum empfunden, in der schriftlichen Darstellung aber sind sie durchaus zu tadeln. Dasselbe gilt von den sprachlichen Merkwürdigkeiten, welche im Text stehen geblieben sind, wie z. B. der schöne Satz auf S. 1 von den Täuschungen und Irrtümern, „welche auf diesem Wege notwendigerweise nicht zu vermeiden waren."

Im zweiten Abschnitt scheint bei der Überschrift des § 11 ein Versehen untergelaufen zu sein. Es wird statt: „Vergleichung ungleichartiger Körper" wohl heissen sollen: „Vergleichung ungleicher gleichartiger Körper." —

Karl Böhm.

(Eingegangen 11. November 1903.)

Otto Schlick, Die Untersuchung der Vibrationserscheinungen von Dampfern. An einem Beispiel erläutert. gr. 8. 49 S. m. 4 lith. Tafeln. Leipzig, Arth. Felix. 1903. M. 2,80.

Mit der Herausgabe dieser kleinen Monographie hat sich der Verfasser ein wirkliches Verdienst erworben. Er führt den Leser derselben ohne mathematische Formulierung in die Vibrationserscheinungen der Schiffe ein, welche an der Hand von Pallographendiagrammen des Schnelldampfers „Kronprinz Wilhelm" analysiert und auf ihre Ursachen zurückgeführt werden. Unter diesen tritt, da die Maschinen nach des Verfassers Methode bereits ausgeglichen sind, die ungleiche Beschaffenheit der Propellerflügel besonders hervor, welche überdies die Haltbarkeit des ganzen Treibapparates ungünstig beeinflusst. Da es sich bei Schiffen um Schwingungen eines elastischen Systemes handelt, so dürfte die Untersuchungsmethode des Verfassers nicht bloss für Ingenieure, sondern auch für Physiker von Interesse sein. Das Einzige, was man in der eleganten und darum leicht verständlichen Arbeit vermisst, ist eine kurze Beschreibung des Pallographen selbst, für dessen Konstruktion der Verfasser seinerzeit die goldene Medaille des britischen „Institution of Naval Architects" erhalten hat.

H. Lorenz.

(Eingegangen 28. Dezember 1903.)

Frank H. Bigelow, Eclipse Meteorology and allied problems. (Meteorologie der Sonnenfinsternisse und verwandte Probleme.) Weather Bureau Bull. I. 1902. gr. 4. 166 S. Washington.

Verf. bemüht sich in den letzten Jahren, ein alles umfassendes Bild vom Wesen aller irdischen und solaren Phänomene zu entwerfen; vorliegende Abhandlung ist der ausführlichste Versuch dieser Art.

Gelegentlich der totalen Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900 wurden unter Leitung des Verf. planmässig vorbereitete Beobachtungen, sowohl der Finsternis selbst, als auch ihres Einflusses auf die meteorologischen Elemente durchgeführt. Ohne auf das Einzelne an dieser Stelle einzugehen, möchte Ref. nur die Berechnung der Minderzufuhr an Energie erwähnen, die durch das Dazwischentreten des Mondes hervorgerufen wird. Diese Grösse erreicht ihr Maximum erst 30 Minuten nach der Mitte der Verfinsterung, und ist pro Kilogramm Luft in maximo 0,42 g-cal. Des weiteren sei noch der zahlreichen und systematischen Beobachtungen der „Schattenbänder" gedacht, schon wegen der Brauchbarkeit des Materials. Verf. erklärt ihr Auftreten 1. durch vermehrte Schlierenbildung in der Atmosphäre infolge der Temperaturunterschiede am Rande des Schattenkegels und 2. durch grössere Wirksamkeit derselben, der geringeren leuchtenden Sonnenfläche wegen. Hiermit ist auf 60 Seiten das Hauptproblem erschöpft; die übrigen 106 S. sind den Allied problems gewidmet, worunter der Verf. die gesamten Erscheinungen auf der Erde und der Sonne versteht.

Bei einem solchen Umfang der Aufgabe, ist es dem Ref. unmöglich, auf die einzelnen Theo-

rien und Hypothesen des Verf. näher einzugehen. Die allgemeinen Grundzüge sind folgende:

Die verschiedenen existierenden Sonnentheorien bedürfen alle einer Prüfung an Hand der Ergebnisse der neueren Anschauungen über das Wesen der elektrischen Dissoziation, der Entladungserscheinungen im Vakuum, der aktinischen Strahlung u. s. w., und neben der rein dynamischen oder thermodynamischen Behandlung der Bewegungsvorgänge auf der Sonne müsste nunmehr auch der Magnetismus des Sonnenkernes und das solare elektrostatische Kraftfeld ins Auge gefasst werden.

Der Annahme dieser beider Kraftfelder stehen seit altersher schwere Bedenken entgegen, auf die in dieser Zeitschrift hinzuweisen, sich wohl erübrigt. Es ist vor allem die Magnetisierung des Sonnenkernes, die uns nach aller unserer heutigen Erfahrung schwer möglich erscheint. Ihre Existenz zu belegen, ist der Verf. denn auch immer wieder bemüht. Das Schwergewicht legt der Verf. auf die Übertragung der Helmholtzschen Theorie der atmosphärischen Cirkulation auf die Sonne. Aus ihr zieht er den Schluss, dass die Rotation der Oberfläche in mittleren heliographischen Breiten zurückbleibt gegen jene des Kernes (was ja schliesslich auch aus Fleckenbeobachtungen bestätigt ist); und da er nun annimmt dass die Bestandteile der Oberfläche elektrische Ladungen tragen, so folgt daraus in der That eine axiale Magnetisierung der Sonne. Dem schwerwiegenden Einwand, dass eine derartige Magnetisierung am Orte unserer Erde an den Variationen z. B. des Erdmagnetismus nicht mehr beteiligt sein kann ohne übermässige Annahme über die Stärke der Magnetisierung begegnet der Verf. damit, dass auf die Sonne als eine Quelle eigener Energie die Sätze über das magnetische Potential gar nicht anwendbar seien. Verf. braucht die Hypothese von der Magnetisierung der Sonne ganz besonders für seine Theorie der Korona, die er ihrerseits wieder dadurch zu stützen sucht, dass seine vorausberechnete Gestalt der Korona für 28. Mai 1900 mit der beobachteten übereinstimmt. Allein wer Handzeichnungen ein und derselben Korona — und eine Handzeichnung dient zum Vergleich — von verschiedenen Beobachtern nebeneinander gesehen hat, weiss, was hier die subjektive Auffassung ausmacht. Immerhin kann der Verf. recht haben, selbst mit der Magnetisierung des Sonnenkernes, allein unsere heutigen Bedenken kann nur der Versuch zerstreuen.[1])

1) In einer soeben in der Science **19**, 30—34, 1904 erschienenen Abhandlung fasst der Verf. den Sonnenkern als einen beginnenden Doppelstern auf.

Typisch ist für den Verf. übrigens auch die Behandlung solarer Vorgänge ganz im Anschluss an irdische, weswegen er denn auch von einer solaren Meteorologie spricht. Derart behandelt er die Änderung des Luftdruckes und der Temperatur mit der Höhe für beide Himmelskörper gemeinsam, setzt die Cirkulation und Kondensation in Sonnenflecken in Analogie zu den tropischen Regenfällen und sieht in den oberen Schichten der Sonnenfackeln die Cirruswolken der Sonne.

Einen breiten Raum nehmen die Betrachtungen ein über die Übertragung der Energie der Sonne auf die Erde, ein Kapitel wo naturgemäss die neueren Vorstellungen vom Wesen der elektrischen Entladung eine grosse Rolle spielen. Hier ist, namentlich durch die Versuche von Ebert und — die übrigens nicht erwähnten — von Birkeland der Boden bedeutend sicherer, ja es ist füglich ausser Zweifel, dass wir der Wahrheit hier näher sind, als früher; allein eigentlich ist uns nur der Weg zum Ziel eröffnet und wir müssen ihn Schritt für Schritt gehen. Ja, gerade weil wir nun befähigt sind, durch Beobachtung und das Experiment vorwärts zu kommen, können wir der Hypothese mehr entbehren, als früher. Die Beobachtungen haben aber schon ein so solides Fundament zur Erklärung des Zusammenhangs zwischen Sonnenthätigkeit und Erdmagnetismus geliefert, dass ein überhasteter Aufbau des ganzen Gebäudes nur zu beklagen wäre.

Potsdam. A. Nippoldt.

(Eingegangen 29. Januar 1904.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Der Privatdozent Dr. Robert Luther an der Universität Leipzig wurde zum etatsmässigen ausserordentlichen Professor für physikalische Chemie an derselben Universität ernannt.

An der Universität Wien habilitierte sich Dr. Norbert Herz als Privatdozent für Astronomie und Geodäsie, an der Technischen Hochschule Berlin Dr. Iwan Koppel als Privatdozent für Chemie.

Ernannt wurden der Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule zu Berlin Rektor Hettner und der Professor des Schiffsbaus an der gleichen Hochschule Flamm zu Geh. Reg.-Räten, der o. Professor der Mathematik an der Universität Würzburg Prym zum Geh. Hofrat.

Die goldene Medaille der Londoner Astronomischen Gesellschaft ist für dieses Jahr dem Leiter der amerikanischen Yerkes-Sternwarte, Professor Hale, verliehen worden.

In Karlsruhe ist im Alter von 77 Jahren Geheimrat Dr. Wilhelm Schell, Professor für Mechanik und synthetische Geometrie an der Technischen Hochschule, gestorben, in Görz der erste Assistent am Physikalischen Institut und Leiter der Meteorologischen Station an der Universität Graz, Dr. phil. von Pallich, im 35. Lebensjahre.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.